



**TUGAS AKHIR - TL141584**

**PENGARUH WT% POLIKARBONAT DAN PROSES  
PEMBUATAN TERHADAP SIFAT FISIK DAN  
MEKANIK *POLYPROPYLENE/POLYCARBONATE*  
*BLEND* SEBAGAI MATERIAL SABOT**

NUR HASANAH  
NRP. 2712100055

Dosen Pembimbing  
Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si  
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc

JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2016

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**FINAL PROJECT - TL141584**

**THE EFFECTS OF WT% POLYCARBONATE  
AND FORMING METHOD TO PHYSIC AND  
MECHANICAL PROPERTIES OF  
POLYPROPYLENE/POLYCARBONATE BLEND  
AS SABOT MATERIAL**

**NUR HASANAH  
NRP. 2712100055**

**Advisor  
Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si  
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc**

**DEPARTMENT OF MATERIALS AND METALURGICAL ENGINEERING  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2016**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**PENGARUH WT% POLIKARBONAT DAN PROSES  
PEMBUATAN TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK  
POLYPROPYLENE/POLYCARBONATE BLEND SEBAGAI  
MATERIAL SABOT**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada

Bidang Studi Material Polimer  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**NUR HASANAH**  
NRP 2712 100 055

Disetujui oleh Tim Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si ..... (Pembimbing I)  
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc ..... (Pembimbing II)



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**PENGARUH WT% POLIKARBONAT DAN PROSES  
PEMBUATAN TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK  
POLYPROPYLENE/POLYCARBONATE BLEND SEBAGAI  
MATERIAL SABOT**

**Nama Mahasiswa** : Nur Hasanah  
**NRP** : 2712100055  
**Jurusan** : Teknik Material dan Metalurgi  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Widyastuti, S.Si, M.Si  
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc

**Abstrak**

*Sabot merupakan penunjang proyektil yang mampu melindungi laras dari gesekan proyektil serta mampu meningkatkan performa proyektil setelah lepas dari laras. Polymer blend menjadi sebuah terobosan untuk mendapatkan polimer yang memiliki sifat khusus sebagai material sabot dengan produksi lebih mudah. Pada penelitian ini polypropylene/polycarbonate blend dibentuk dengan komposisi 10, 20 dan 30 wt% polikarbonat. Pelet polipropilen dan polikarbonat dihaluskan menjadi bubuk, kemudian dimixing sesuai komposisi pada 120 rpm selama 30 menit, dilanjutkan drying pada 120 °C selama 4 jam, dan dibentuk dengan handtruder serta compression molding sesuai parameter. Peningkatan wt% PC meningkatkan distribusi PC dalam PP, meningkatkan densitas dengan densitas tertinggi pada PP/PC30 sebesar 0,955 g/cm<sup>3</sup>, dan menurunkan penyusutan menjadi 0% pada PP/PC30. PP/PC10. Hasil compression molding memiliki kekuatan tekan dan modulus elastisitas tertinggi sebesar 50,056 MPa dan 0,58 GPa, sedangkan PP/PC10 hasil handtruder memiliki kekuatan tarik sebesar 23,76 MPa dan modulus elastisitas 0,87 GPa. Sementara proses pembentukan tidak memberikan pengaruh signifikan pada polymer blend yang dihasilkan.*

***Kata kunci : komposisi, polypropylene/polycarbonate blend, proses pembentukan, sifat fisik, sifat mekanik***

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**THE EFFECT OF WT% POLYCARBONATE AND  
FORMING METHOD TO PHYSIC AND MECHANICAL  
PROPERTIES OF POLYPROPYLENE/POLYCARBONATE  
BLEND AS OF SABOT MATERIAL**

**Name** : Nur Hasanah  
**NRP** : 2712100055  
**Department** : Materials and Metallurgical Engineering  
**Advisor** : Dr. Widyastuti, S.Si., M.Si  
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc

**Abstract**

*Sabots are used as supports for projectiles during gun tube travel and enhance projectile performance after exit from the gun. Polymer blend is a method to get polymer which has specific characteristics of sabot material with more simple production and low cost. In this research, polypropylene/polycarbonate blend has composition of 10, 20, and 30 wt% polycarbonate. Polypropylene and polycarbonate pellets were grinded into powder, then mixing for each composition at 120 rpm for 30 minutes, and drying at 120 °C for 4 hours. Polymer blend is manufactured by handtruder and compression molding with each process parameter. The increasing wt% polycarbonate affects the distribution and interaction of blend components, increases density with the highest is 0,955 g/cm<sup>3</sup> at PP/PC30, and decreases shrinkage up to 0% at PP/PC30. PP/PC10 manufactured by compression molding has highest compressive strength and modulus elasticity 50,056 MPa and 0,58 GPa. PP/PC10 manufactured by handtruder has tensile strength 23,76 MPa and modulus elasticity 0,87 GPa. Meanwhile, manufacturing process doesn't significantly affect the polymer blend.*

**Keywords** : *composition, forming method, mechanical characteristic, polypropylene/polycarbonate blend, physical characteristic*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan.....	v
Abstrak .....	vii
<i>Abstract</i> .....	ix
Kata Pengantar .....	xi
Daftar Isi.....	xiii
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Tabel.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Sabot Peluru .....	5
2.1.1 Klasifikasi Sabot .....	6
2.1.2 Material Sabot .....	8
2.2 Polimer .....	9
2.2.1 Klasifikasi Polimer.....	9
2.2.2 Sifat Mekanik Polimer .....	12
2.2.3 Proses Pembentukan Polimer .....	14
2.3 Polikarbonat dan Polipropilen .....	17
2.4 <i>Polymer Blend</i> .....	19
2.5 <i>Polypropylene/polycarbonate Blend</i> .....	22
2.6 Penelitian Sebelumnya .....	23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Bahan Penelitian.....	27
3.2 Alat Penelitian .....	28

3.3 Diagram Alir Penelitian.....	32
3.4 Rancangan Penelitian .....	33
3.5 Tahapan Penelitian .....	33
3.5.1 Preparasi PC dan PP.....	33
3.5.2 Pembentukan <i>Polymer Blend</i> .....	33
3.5.3 Pengujian.....	34
3.6 Jadwal Penelitian .....	36
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Proses Pembuatan <i>Polypropylene/polycarbonate Blend</i> .....	39
4.1.1 <i>Handtruder</i> .....	40
4.1.2 <i>Compression Molding</i> .....	41
4.2 Pengaruh wt% Polikarbonat terhadap Sifat Fisik dan Mekanik <i>Polypropylene/polycarbonate Blend</i> .....	42
4.2.1 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	43
4.2.2 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	45
4.2.3 Densitas .....	49
4.2.4 Penyusutan .....	51
4.2.5 Kekuatan Tarik.....	52
4.2.6 Kekuatan Tekan.....	54
4.3 Pengaruh Proses Pembuatan terhadap Sifat Fisik dan Mekanik <i>Polypropylene/polycarbonate Blend</i> .....	56
4.3.1 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	56
4.3.2 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	58
4.3.3 Densitas .....	62
4.3.4 Penyusutan .....	63
4.3.5 Modulus Elastisitas .....	64
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran .....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	69
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Bagian-bagian Peluru.....	5
<b>Gambar 2.2</b>	Sabot di dalam Laras.....	5
<b>Gambar 2.3</b>	Sabot Peluru.....	6
<b>Gambar 2.4</b>	Jenis Sabot berdasarkan Geometrinya, (a) Sabot <i>Cup</i> , (b) Sabot <i>Ring</i> .....	7
<b>Gambar 2.5</b>	Sabot Projektil Tipe 1 .....	7
<b>Gambar 2.6</b>	Sabot Projektil Tipe 2 .....	7
<b>Gambar 2.7</b>	Jenis Kopolimer (a) <i>Random</i> , (b) <i>Alternating</i> (c) <i>Block</i> , dan (d) <i>Graft</i> .....	9
<b>Gambar 2.8</b>	Struktur Molekul Polimer (a) Linier, (b) Bercabang, (c) <i>Crosslink</i> , dan (d) <i>Network</i> .....	10
<b>Gambar 2.9</b>	Ilustrasi Polimer Kristalin dan Amorf .....	11
<b>Gambar 2.10</b>	Kurva Tegangan-Regangan Polimer (a) Getas, (b) Plastis, dan (c) Sangat Elastis .....	12
<b>Gambar 2.11</b>	Skema <i>Compression Molding</i> .....	15
<b>Gambar 2.12</b>	Skema Injeksi .....	16
<b>Gambar 2.13</b>	Skema Ekstrusi .....	16
<b>Gambar 2.14</b>	Skema <i>Blow Molding</i> .....	17
<b>Gambar 2.15</b>	Struktur Kimia Monomer Polikarbonat .....	18
<b>Gambar 2.16</b>	Monomer Polipropilena .....	18
<b>Gambar 2.17</b>	Skema Struktur Molekul <i>Polymer Blend</i> .....	19
<b>Gambar 2.18</b>	Diagram Fasa <i>Binary Polymer Blend</i> .....	21
<b>Gambar 2.19</b>	hasil SEM PP/PC (a) Dietsa Sikloheksanon, (b) Analisa Area Berlubang .....	23
<b>Gambar 2.20</b>	Hasil SEM (a) PP/PC(70/30), (b) PP/PC/PP-g- MA(90/5/5) .....	25
<b>Gambar 3.1</b>	Serbuk (a) Polipropilen, (b) Polikarbonat .....	27
<b>Gambar 3.2</b>	Alat <i>Handtruder</i> M-1 Toyoseiki .....	28
<b>Gambar 3.3</b>	Alat <i>Scanning Electron Microscope</i> .....	29
<b>Gambar 3.4</b>	Alat Uji FTIR.....	29
<b>Gambar 3.5</b>	Alat Uji Tekan.....	30
<b>Gambar 3.6</b>	Oven.....	30
<b>Gambar 3.7</b>	<i>Compression Molding</i> .....	31
<b>Gambar 3.8</b>	Diagram Alir Penelitian .....	32

<b>Gambar 3.9</b> Spesimen Uji Tarik ASTM D638 tipe 1 (satuan dalam mm) .....	35
<b>Gambar 3.10</b> Spesimen Uji Tekan ASTM D 695 – 92 (satuan dalam mm) .....	36
<b>Gambar 4.1</b> Spesimen Uji Tarik hasil <i>Handtruder</i> (a) PP murni, (b) PP/PC10, (c) PP/PC20, dan (d) PP/PC30.....	40
<b>Gambar 4.2</b> Spesimen Uji Tekan hasil <i>Compression Molding</i> (a) PP/PC 10, (b) PP/PC20, dan (c) PP/PC30 .....	42
<b>Gambar 4.3</b> Perbandingan Gugus yang Terdapat pada Polipropilen dan Polikarbonat.....	43
<b>Gambar 4.4</b> Perbandingan FTIR <i>Polypropylene/polycarbonate Blend</i> Hasil <i>Handtruder</i> berbagai Komposisi .....	44
<b>Gambar 4.5</b> Morfologi PP/PC20 Hasil <i>Handtruder</i> .....	46
<b>Gambar 4.6</b> Hasil SEM (a) PP/PC30, (b) PP/PC20, dan (c) PP/PC10 Hasil <i>Handtruder</i> setelah Dietsa.....	48
<b>Gambar 4.7</b> Perbandingan Densitas Teori dan Pengujian <i>Polypropylene/polycarbonate Blend</i> .....	50
<b>Gambar 4.8</b> Penyusutan <i>Polypropylene/polycarbonate Blend</i> Hasil <i>Handtruder</i> .....	51
<b>Gambar 4.9</b> Pengaruh wt% Polikarbonat terhadap Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas <i>Polypropylene/polycarbonate Blend</i> .....	53
<b>Gambar 4.10</b> Pengaruh wt% Polikarbonat terhadap Kekuatan Tekan dan Modulus Elastisitas <i>Polypropylene/polycarbonate Blend</i> Hasil <i>Compression Molding</i> .....	55
<b>Gambar 4.11</b> Perbandingan Grafik FTIR <i>Polypropylene/polycarbonate Blend</i> Hasil <i>Handtruder</i> dan <i>Compression Molding</i> .....	57
<b>Gambar 4.12</b> Morfologi PP/PC20 Hasil (a) <i>Handtruder</i> , dan (b) <i>Compression Molding</i> .....	59
<b>Gambar 4.13</b> Morfologi PP/PC10 Hasil <i>Compression Molding</i> .....	61

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Kriteria Sifat Mekanik Material Sabot .....	8
<b>Tabel 2.2</b> Sifat Fisik dan Mekanik Polipropilen, Polikarbonat. 19	
<b>Tabel 2.3</b> Perbandingan Proses Pemisahan Fasa .....	22
<b>Tabel 3.1</b> Karakteristik Polikarbonat <i>Wonderlite</i> ® PC-115 .....	27
<b>Tabel 3.2</b> Perancangan Penelitian.....	33
<b>Tabel 3.3</b> Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....	37
<b>Tabel 4.1</b> Spek <i>Handtruder</i> dan <i>Compression Molding</i> .....	39
<b>Tabel 4.2</b> Komposisi <i>Polymer Blend</i> dengan <i>Hantruder</i> .....	40
<b>Tabel 4.3</b> Komposisi <i>Polymer Blend</i> dengan <i>Compression Molding</i> .....	41
<b>Tabel 4.4</b> Densitas <i>Polypropylene/Polycarbonate Blend</i> Hasil <i>Handtruder</i> dan <i>Compression Molding</i> .....	62
<b>Tabel 4.5</b> Penyusutan <i>Polypropylene/Polycarbonate Blend</i> Hasil <i>Handtruder</i> dan <i>Compression Molding</i> .....	63
<b>Tabel 4.6</b> Modulus Elastisitas <i>Blend</i> Hasil <i>Handtruder</i> dan <i>Compression Molding</i> .....	64

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Sabot merupakan struktur penunjang yang mampu menyesuaikan laras dan proyektil, sehingga dapat melindungi laras dari gesekan proyektil serta meningkatkan performa proyektil setelah terlepas dari laras. Sesaat setelah keluar dari laras sabot terlepas dari proyektil, sehingga proyektil mengalami percepatan dan mengenai target dengan lebih baik. Sebagai pembawa proyektil, sabot didesain agar melindungi proyektil dari tekanan, temperatur dan percepatan dalam laras. Guna memenuhi fungsi utamanya, sabot tak hanya harus mampu mempertahankan *intact* selama perjalanan namun juga berperan sebagai *gas seal* selama dalam dilaras (USAMC.1972).

Sabot pertama kali terbuat dari logam, terutama paduan Aluminium dan Magnesium karena rasio *strength-to-weight* material tersebut tinggi. Sayangnya sabot logam membutuhkan proses produksi yang cukup rumit, yakni dengan *machining*, serta membutuhkan biaya bahan baku yang cukup mahal. Hingga pada akhir tahun 1953, sabot polimer pertama dibuat dari *fiber glass* dengan dialilphtalat dalam nilon yang dilengkapi dengan penguat logam sehingga mampu mendistribusikan tegangan. Setelahnya terus dikembangkan berbagai jenis polimer untuk digunakan sebagai material sabot. Polimer yang kerap digunakan yakni polipropilena, polikarbonat, selulosa, epoksi, dan fenolik. Sedangkan polietilena, neoprena dan *silicon rubber* digunakan sebagai *seal* dan *obturator* (USAMC.1972).

Dengan bahan baku polimer proses produksi sabot yang semula menggunakan *machining* mulai beralih ke *injection molding*. Hal ini dikarenakan hasil *injection molding* memiliki dimensi dan karakteristik yang lebih baik dibandingkan produk *machining* (USAMC.1972).

*Polymer blend* banyak dikembangkan sebagai pengganti komposit. *Polymer blend* merupakan pencampuran secara fisik atau struktural pada homo atau kopolimer yang berbeda.

Pencampuran ini mampu menghasilkan sifat tertentu seperti menaikkan sifat mekanik, *fracture resistance*, ketahanan terhadap bahan kimia, ketahanan termal dan sifat material lainnya (B.D Favis.1988).

Dengan memadukan material polimer polipropilen yang banyak digunakan sebagai bahan sabot peluru yang memiliki harga relatif murah dengan polikarbonat yang memiliki sifat mekanik tinggi, *Polypropylene/polycarbonate blend* diharapkan mampu menjadi material sabot peluru yang memiliki sifat mekanik baik, murah dan mudah diproduksi. Dalam beberapa penelitian sebelumnya, terdapat penelitian yang mempelajari sifat mekanik *Polypropylene/polycarbonate blend*, diantaranya oleh Dobzanski (2008) dan Muhammad S (2011) yang memvariasikan komposisi polimer penyusun campuran. M. Bilewicz (2008) juga melakukan penelitian terhadap penguatan yang terjadi dengan pengembangan teknik pembuatan *polymer blend*. Pada penelitian ini dilakukan penelitian terhadap sifat fisik dan mekanik *Polypropylene/polycarbonate blend*.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh wt% polikarbonat terhadap sifat fisik dan mekanik *Polypropylene/Polycarbonate blend* sebagai material sabot?
2. Bagaimana pengaruh proses pembuatan terhadap sifat fisik dan mekanik *Polypropylene/Polycarbonate blend* sebagai material sabot?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil akhir yang baik, sesuai dengan yang diinginkan serta tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Unsur pengotor dan faktor lingkungan dianggap sangat sedikit dan tidak mempengaruhi karakteristik *polymer blend* yang dihasilkan
2. Temperatur *mold* dianggap merata di seluruh bagian
3. Laju pemanasan dianggap sama.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa pengaruh wt% Polikarbonat terhadap sifat fisik dan mekanik *Polypropylene/Polycarbonate blend* sebagai material sabot
2. Menganalisa pengaruh proses pembuatan terhadap sifat fisik dan mekanik *Polypropylene/Polycarbonate blend* sebagai material sabot.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan *polymer blend* yang mampu diaplikasi sebagai material sabot peluru. Selain itu, penelitian ini juga dapat digunakan sebagai referensi penelitian selanjutnya untuk terus mengembangkan teknologi sabot polimer sehingga dapat menyokong pertahanan dan keamanan negara.

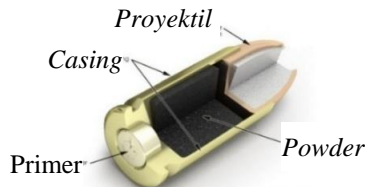
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sabot Peluru

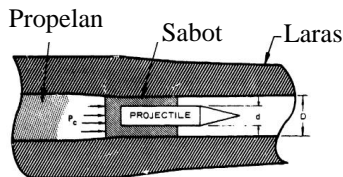
Secara umum peluru memiliki beberapa bagian yaitu proyektil (*bullet*), kelongsong (*bullet base*), mesiu (*propellant*), dan pematik (*primer*). Bagian-bagian tersebut ditunjukkan oleh Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Bagian-bagian Peluru (Gunsandammo, 2014)

Proyektil merupakan bagian dari peluru yang meluncur di udara dan bergerak akibat adanya tekanan gas akibat pembakaran bubuk mesiu. Pada umumnya peluru digunakan di dunia militer, baik untuk latihan ataupun medan perang.

Sabot merupakan penunjang proyektil, yang dalam bidang militer didefinisikan sebagai komponen penunjang yang satu sisinya berinteraksi dengan permukaan dalam laras dan sisi lainnya berinteraksi dengan permukaan proyektil, sehingga mampu melindungi laras dari gesekan proyektil serta mampu meningkatkan performa proyektil setelah lepas dari laras. Secara sederhana sabot dalam laras ditunjukkan Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Sabot di dalam Laras (USAMC.1972)

Sabot merupakan komponen sistem persenjataan yang didesain dengan tujuan utama untuk mengantarkan sebuah

projektil tertentu untuk mengenai target pada jarak dan kecepatan terminal yang telah ditentukan. Gambar 2.3 menunjukkan sabot pada beberapa jenis projektil.



**Gambar 2.3** Sabot Peluru (Realguns, inc.2015)

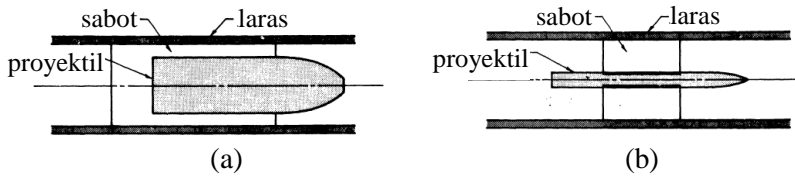
Projektil harus memiliki kecepatan tumbukan dan harus mengenai target dalam dispersi yang diperbolehkan. Secara kualitatif sabot harus memenuhi beberapa hal berikut .

1. Secara posisi dan struktural mendukung projektil selama peluncuran
2. Kedap terhadap serbuk gas dalam laras
3. Meminimalkan suara projektil atau gerakan uap tak diinginkan yang dihasilkan oleh projektil asimetris, perbedaan gesekan, dan pembakaran mesiu
4. Memicu gerakan rotasi pada projektil *spin-stabilize*
5. Setelah keluar dari laras, sabot mampu terlepas dari projektil tanpa mengganggu perjalanan projektil dan tanpa menimbulkan gangguan kepada orang di area tertentu (USAMC.1972).

### **2.1.1 Klasifikasi Sabot**

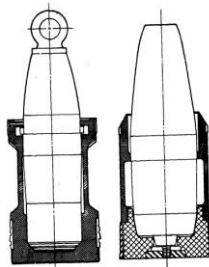
Sabot diklasifikasi kedalam beberapa jenis berdasarkan geometri sabot, konfigurasi sabot dan fungsi projektil. Berdasarkan geometrinya, sabot dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelas yaitu tipe *cup*, termasuk *spin-stabilize projectile* dan *nonspin-stabilize projectile*, serta sabot tipe *ring* seperti pada Gambar 2.4.

Berdasarkan konfigurasi dan fungsi projektil, sabot dibagi kedalam dua tipe. Kategori pertama dicirikan oleh densitas tinggi, koefisien balistik projektil yang tinggi didesain untuk dampak energi kinetik maksimal dan *terminal ballistic effects*.



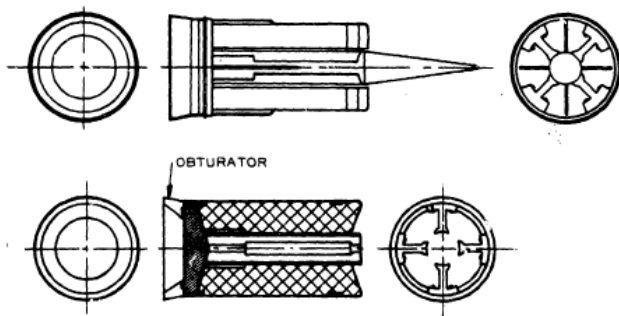
**Gambar 2.4** Jenis Sabot berdasarkan Geometrinya, (a) Sabot Cup, (b) Sabot Ring (USAMC.1972)

Dalam kategori ini terdapat tiga jenis sabot yakni proyektil *spin-stabilize* dengan *cup sabot* ditunjukkan oleh Gambar 2.5, proyektil *aerodynamically stabilize* dengan *cup sabot* ditunjukkan oleh Gambar 2.6, dan proyektil *aerodynamically stabilize* dengan *ring sabot*.



**Gambar 2.5** Sabot Proyektil Tipe 1 (USAMC.1972)

Kategori kedua dicirikan oleh densitas sedang dan tinggi, sehingga dapat digunakan dalam berbagai keperluan.



**Gambar 2.6** Sabot Proyektil Tipe 2 (USAMC.1972)

### 2.1.2 Material sabot

Hingga tahun 1953, sabot terbuat dari logam, terutama paduan Aluminium dan Magnesium karena sifat rasio kekuatan terhadap beratnya yang tinggi. Pemilihan material sabot ini disesuaikan dengan kriteria material sabot sesuai Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Kriteria Sifat Mekanik Material Sabot (USAMC.1972)

No.	Sifat	Keterangan
1	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	0,9 – 1,58
2	Kekuatan tarik (MPa)	8,3 – 72,4
3	Kekuatan tekan (MPa)	20 – 90
4	Modulus Elastisitas (GPa)	0,17 – 4,1

Sejak 1953 mulai dikembangkan *plastic sabot projectil*, yang memiliki banyak keuntungan dalam penggunaannya, antara lain:

1. Kekuatannya yang baik, sehingga mampu digunakan dalam berbagai aplikasi
2. Biaya lebih rendah karena bahan baku dan proses manufaktur yang lebih mudah
3. Tidak memerlukan *critical material*
4. Tidak dibuat sebanyak kebutuhan laras, cukup sebagian kecil tergantung pada desain
5. Hancur menjadi bagian *less lethal*

Sabot polimer pertama terbuat dari *fiber glass* dengan *dialilphtalat* dalam nilon yang dilengkapi dengan penguat logam sehingga mampu mendistribusikan tegangan yang diterima oleh sabot. Nilon juga digunakan sebagai *rotating band* pada proyektil sabot logam. Polimer lain yang kerap digunakan yakni polipropilen, polikarbonat, selulosa, epoksi, dan fenolik. Polietilen, neopren dan *silicon rubber* digunakan sebagai *seal* dan *obturator* (USAMC.1972)

Pada umumnya, rekayasa yang dilakukan adalah untuk menurunkan berat sabot meningkatkan tegangan dan deformasi yang dibutuhkan sabot selama dalam laras.



## 2.2 Polimer

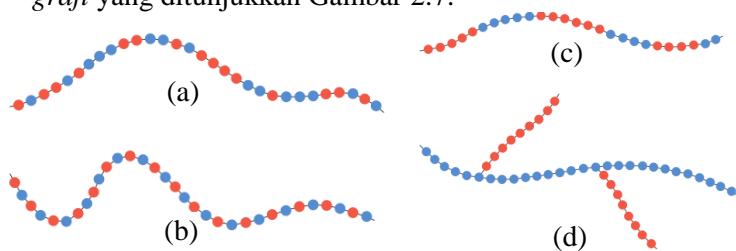
Polimer merupakan molekul raksasa yang tersusun dari mer yang berikatan secara kovalen (Pina Pitriana.2011). Polimer sering disebut sebagai makromolekul, dimana setiap molekul atau atomnya saling berinteraksi oleh adanya ikatan kovalen antar atomik. Komponen atau molekul pembentuk polimer yang darinya polimer disintesis disebut sebagai monomer (Callister.2010).

### 2.2.1 Klasifikasi Polimer

Secara umum polimer diklasifikan berdasar beberapa hal yakni berdasarkan monomer penyusun, struktur molekul, perilaku terhadap panas, dan keteraturan rantainya.

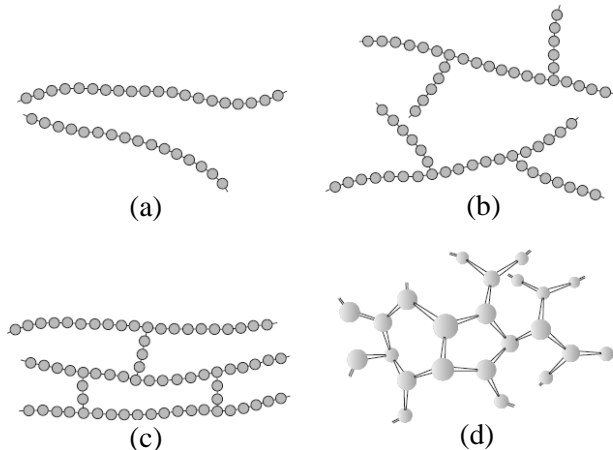
Berdasarkan monomer penyusunnya polimer dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Homopolimer, yaitu polimer yang disusun oleh satu jenis monomer. Contoh homopolimer adalah polietilen, polipropilen, dan polivinilklorida.
2. Kopolimer, yaitu polimer yang tersusun oleh dua atau lebih jenis monomer. Contoh kopolimer adalah poliester. Ditinjau dari tatanan monomer dalam rantainya kopolimer dapat digolongkan lagi menjadi *alternating*, *block*, *random* dan *graft* yang ditunjukkan Gambar 2.7.



**Gambar 2.7** Jenis Kopolimer (a) *Random*, (b) *Alternating* (c) *Block*, dan (d) *Graft* (Callister.2010)

Berdasarkan struktur molekulnya, polimer dapat diklasifikasikan menjadi polimer linier, bercabang, *crosslink* dan *network* yang memiliki struktur pada Gambar 2.8.



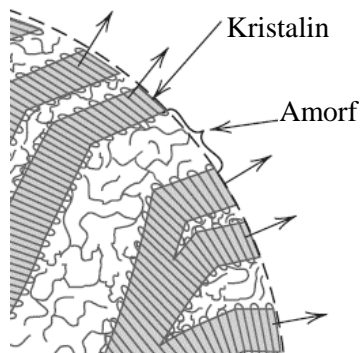
**Gambar 2.8** Struktur Molekul Polimer (a) Linier, (b) Bercabang, (c) *Crosslink*, dan (d) *Network* (Callister.2010)

Polimer berdasarkan perilakunya terhadap panas dibedakan menjadi dua, yakni polimer termoplastik dan termoset.

1. Polimer termoplastik adalah polimer yang mampu melunak saat dipanaskan dan mengeras kembali saat didinginkan, namun tidak dapat digunakan lagi saat temperatur pemakaian melampaui batas maksimalnya (Sumaryono.2012). Kebanyakan polimer yang memiliki struktur linier dan cabang seperti pada Gambar 2.8 (a) dan (b) dengan rantai yang fleksibel adalah polimer termoplastik. Material ini biasa diproduksi dengan menggunakan panas dan tekanan. Polimer termoplas banyak digunakan karena lebih ekonomis yakni mampu didaur ulang, polimer termoplastis bekas dapat dilelehkan kembali dan dibentuk menjadi produk lain. Contoh polimer termoplastik yakni polietilen, polistiren, polietilen terephthalat, dan polivinil klorida (Callister.2010).
2. Polimer termoset adalah jenis polimer yang tidak dapat melunak saat dipanaskan dan tidak dapat dibentuk kembali, karena bangun polimernya membentuk jaringan tiga dimensi (Sumaryono.2012). Polimer termoset adalah plomer dengan

struktur *network* yang memiliki kovalen *crosslink* seperti pada Gambar 2.8 (c) dan (d) yang menghubungkan antar rantainya. Polimer termoset biasanya lebih keras dan lebih kuat dibandingkan polimer termoplastik, polimer jenis ini juga memiliki kestabilan dimensi yang lebih baik dibanding polimer termoplastik. Contoh polimer termoset yaitu *vulcanized rubber*, epoksi, fenolik, dan beberapa jenis poliester (Callister.2010).

Berdasarkan keteraturan rantainya polimer dibedakan menjadi tiga yaitu, amorf, kristalin dan semi kristalin. Kristalinitas polimer merupakan keteraturan dari rantai molekul polimer dalam menghasilkan tatanan atom yang teratur (Callister.2010). Gambar 2.9 menunjukkan gambaran keteraturan susunan polimer .



**Gambar 2.9** Ilustrasi Polimer Kristalin dan Amorf  
(Callister.2010)

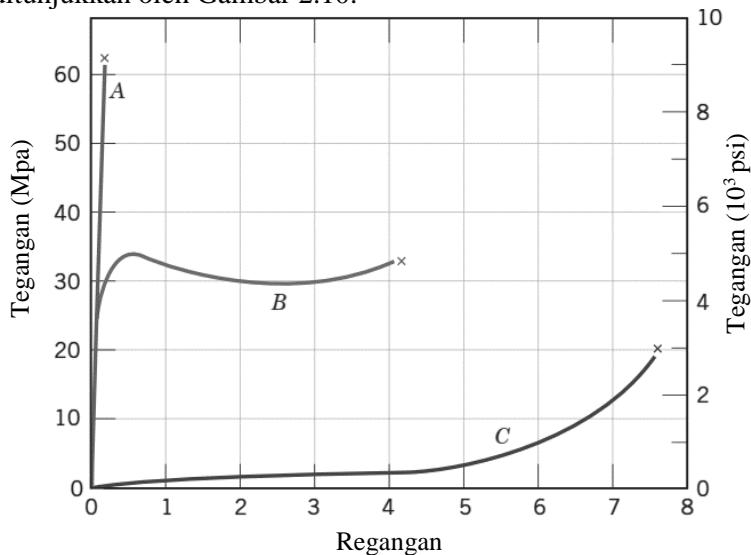
Fasa kristalin adalah bagian dimana rantai tersusun secara teratur. Sementara fasa amorf adalah bagian dimana rantai tersusun secara acak (Zulfikar Rachman A.2008). Polimer linier mudah untuk membentuk kristalin, polimer cabang cenderung untuk membentuk semikristalin (kristalin dan amorf), sedangkan polimer *crosslink* dan *network* membentuk polimer amorf. Kristalinitas polimer tergantung pada densitas polimer, yakni densitas dari bagian *totally amorphous* dan *totally crystalline* (Callister.2010).

### 2.2.2 Sifat Mekanik Polimer

Sifat mekanik polimer tidak jauh berbeda dengan logam. Penggunaan polimer banyak didasarkan pada sifat mekanik yang dimilikinya. Beberapa sifat mekanik dapat diketahui melalui beberapa pengujian, antara lain.

#### 1. Pengujian tarik

Kekuatan tarik adalah salah satu sifat mekanik polimer yang banyak dimanfaatkan. Perilaku polimer saat pengujian tarik ditunjukkan oleh Gambar 2.10.



**Gambar 2.10** Kurva Tegangan-Regangan Polimer (a) Getas, (b) Plastis, dan (c) Sangat Elastis (Callister.2010)

Kurva tegangan-regangan polimer hampir sama dengan logam, namun pada polimer terdapat material yang sangat elastis seperti yang ditunjukkan oleh kurva (c), yang diklasifikasikan sebagai elastomer. Dari kurva tegangan-regangan dapat diperoleh nilai kekuatan tarik, modulus elastisitas, elongasi, serta kekuatan luluh suatu polimer. Sifat-sifat tersebut dapat dapat didapatkan

langsung dari grafik atau dihitung berdasarkan beberapa persamaan.

Tegangan yang bekerja pada material dapat dihitung dengan persamaan 2.1.

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots \text{pers 2.1}$$

Dengan  $\sigma$  merupakan tegangan teknik yang bekerja pada spesimen, dengan satuan mega pascal (MPa) atau *pound force per square inch* (psi).  $F$  merupakan gaya yang diaplikasikan pada spesimen, dengan satuan *newton* (N) atau *pound force* (lbf).  $A_0$  merupakan luas area mula-mula sebelum adanya gaya yang bekerja, dengan satuan ( $\text{m}^2$  atau  $\text{in}^2$ ). Nilai kekuatan tarik merupakan nilai tegangan tertinggi pada kurva tegangan-regangan.

Regangan yang terjadi pada material dapat dihitung dengan persamaan 2.2.

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \dots\dots\dots \text{pers 2.2}$$

Dengan  $\varepsilon$  merupakan regangan teknik yang terjadi pada material, dengan satuan persen (%) atau meter per meter (m/m).  $l_0$  merupakan panjang mula-mula spesimen sebelum dikenai gaya, sedangkan  $l_i$  merupakan panjang akhir setelah material dikenai gaya, dengan satuan meter (m) atau inchi (inch).  $l_i - l_0$  dapat dinyatakan sebagai perubahan panjang, yang dapat dinotasikan sebagai  $\Delta l$ .

Modulus elastisitas dapat dihitung berdasarkan grafik dengan persamaan 2.3.

$$\sigma = E\varepsilon \dots\dots\dots \text{pers 2.3}$$

Persamaan ini dikenal sebagai hukum Hooke, yang menjelaskan interaksi tegangan dengan regangan pada deformasi elastis. Modulus elastisitas ( $E$ ) memiliki satuan giga pascal (GPa) atau *pound force per square inch* (psi).

Pada umumnya kurva tegangan-regangan polimer dipengaruhi oleh laju deformasi dan temperatur material. Kenaikan temperatur akan menurunkan modulus elastisitas, menurunkan kekuatan tarik, dan menaikkan keuletan. Penurunan laju deformasi membirakan pengaruh yang sama dengan kenaikan temperatur

polimer yang membuat polimer lebih lunak dan ulet (Callister.2010).

## 2. Pengujian Tekan

Pengujian tekan menunjukkan perilaku yang hampir sama dengan pengujian tarik, kecuali gaya yang digunakan adalah penekanan yakni memiliki arah berlawanan dengan pengujian tarik. Kurva tegangan-regangan yang dihasilkan dari pengujian tekan memiliki region yang sama dengan kurva tegangan-regangan hasil pengujian tarik. Seperti halnya pada kurva tegangan-regangan hasil pengujian tarik, pada kurva tegangan-regangan pengujian tekan dapat diperoleh nilai kekuatan tarik, modulus elastisitas, elongasi, serta kekuatan luluh suatu polimer.

Nilai modulus elastisitas, tegangan, dan regangan ditentukan dengan persamaan yang sama dengan hasil pengujian tarik. Sedangkan nilai kekuatan tekan dihitung setelah material mengalami deformasi dalam persentase tertentu, hal ini dikarenakan oleh tidak terjadinya *necking* pada pengujian tekan (Callister.2010).

### 2.2.3 Proses Pembentukan Polimer

Terdapat berbagai metode yang dapat digunakan dalam pembentukan polimer. Metode yang digunakan pada polimer ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain .

1. Jenis polimer tersebut termoplastis atau termoset
2. Jika polimer tersebut termoplastis, pada temperatur berapakah polimer tersebut melunak
3. Kestabilan polimer yang akan dibentuk
4. Geometri dan ukuran hasil yang diinginkan

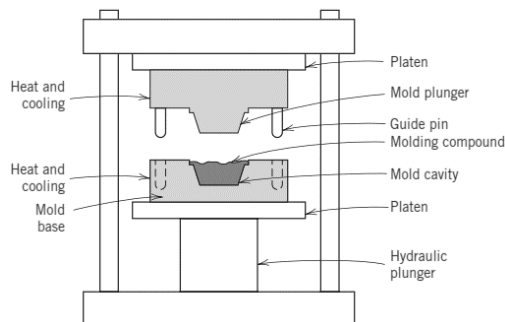
Pembentukan polimer biasanya dilakukan pada temperatur cukup tinggi dan sering menggunakan tekanan tertentu. Polimer termoplastis dibentuk diatas temperatur transisi *glassnya* ( $T_g$ ) untuk polimer amorf, dan diatas temperatur lelehnya ( $T_m$ ) untuk polimer semikristalin. Pembentukan polimer termoset biasanya melalui dua tahapan. Tahap pertama adalah penyiapan polimer linier dalam bentuk cair yang memiliki berat molekul rendah.

Tahap kedua dikenal dengan istilah *curing*, yang dapat terjadi dengan adanya penambahan katalis, pemanasan atau pada tekanan tertentu. Selama *curing* terjadi perubahan kimia serta struktural dalam skala molekul sehingga terbentuk struktur *crosslink* ataupun *network*. Setelah proses *curing*, polimer termoplas memiliki kestabilan dimensi yang tinggi (Callister.2010).

*Molding* adalah metode yang paling banyak digunakan dalam pembentukan polimer termoplastik. Berikut merupakan beberapa metode pembentukan polimer yang sering digunakan.

### 1. *Compression molding*

Metode ini memanfaatkan tekanan untuk membentuk polimer. Cetakan ditutup kemudian diberikan panas dan tekanan yang menyebabkan polimer melunak serta mengalir menyesuaikan dengan bentuk cetakan. Secara umum *compression molding* ditunjukkan oleh Gambar 2.11.



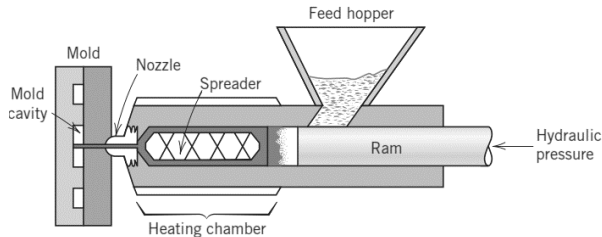
**Gambar 2.11** Skema *Compression Molding* (Billmayer.1984)

Sebelum pembentukan, *raw material* harus *dimixing* dan dilakukan *preheating* untuk mengurangi waktu *molding* dan tekanan yang digunakan, sehingga mampu menekan waktu pengerjaan serta meningkatkan jumlah yang dihasilkan.

*Transfer molding* adalah salah satu modifikasi dari *compression molding*. Pada *transfer molding*, *raw material* dilelehkan dalam *heating chamber*, setelah material meleleh kemudian diinjeksikan kedalam cetakan dengan menggunakan tekanan tertentu (Callister.2010).

## 2. Injeksi

Injeksi adalah metode yang paling banyak digunakan dalam pembentukan polimer. Gambar 2.12 menunjukkan skema injeksi.

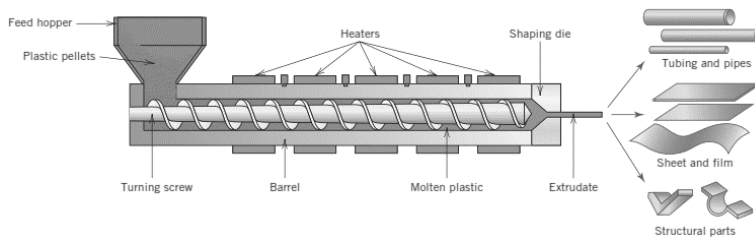


**Gambar 2.12** Skema Injeksi (Billmayer.1984)

Dalam proses ini pelet dengan jumlah tertentu dimasukkan kedalam *hopper* yang kemudian akan dipindahkan ke dalam silinder pemanas secara bertahap. Lelehan material dalam silinder kemudian diinjeksikan ke dalam rongga cetakan melalui *nozzle* sehingga memenuhi dan menyesuaikan dengan rongga cetakan. Proses ini dapat menghasilkan banyak produk dalam waktu yang singkat serta mampu menghasilkan produk dengan bentuk rumit (Callister.2010).

## 3. Ekstrusi

Ekstrusi adalah proses pembentukan polimer yang cukup sederhana. Metode ini biasa digunakan untuk membuat produk sederhana seperti tabung, lembaran dan film. Proses ekstrusi secara umum ditunjukkan Gambar 2.13.



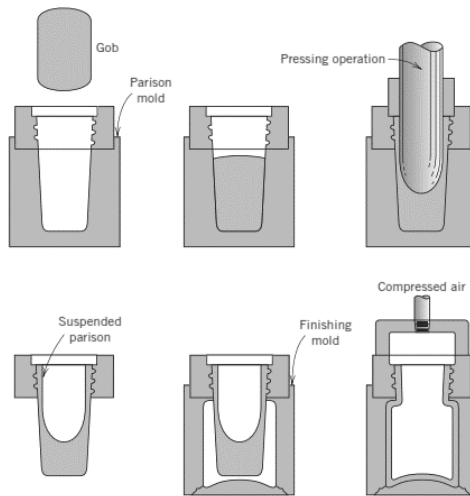
**Gambar 2.13** Skema Ekstrusi (Callister.2010)



Secara mekanik ulir dalam silinder menekan, melelehkan serta mendorong material sehingga keluar secara kontinu menjadi bentuk sesuai dengan bentuk *nozzle*.

#### 4. *Blow Molding*

*Blow molding* banyak digunakan dalam pembuatan wadah plastik seperti botol plastik. Proses *blow molding* ditunjukkan oleh Gambar 2.14.

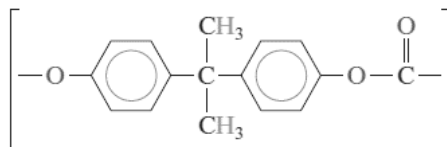


**Gambar 2.14** Skema *Blow Molding* (Callister.2010)

Saat material semilunak, material dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian udara ditiupkan dari lubang material dengan tekanan tertentu sehingga dinding material memiliki bentuk sesuai dengan pola cetakan. Hal terpenting dalam metode ini adalah penyesuaian serta penjagaan temperatur dan viskositas material (Callister.2010).

### 2.3 Polikarbonat dan Polipropilen

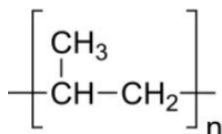
Polikarbonat merupakan *engineering plastic* yang dibuat dari reaksi kondensasi bisphenol A dengan fosgen (*phosgene*) dalam media alkali (Imam Mujiarto.2005). Polikarbonat memiliki *repeating unit* seperti Gambar 2.15.



**Gambar 2.15** Struktur Kimia Monomer Polikarbonat  
(Callister.2010)

Polikarbonat mempunyai sifat transparan, kekuatan impak yang baik, ketahanan terhadap pengaruh cuaca bagus, temperatur penggunaannya tinggi, mudah diproses, serta *flameability*nya rendah. Polikarbonat meimiliki nilai kekuatan tertinggi dibanding polimer termoplas lainnya. Polimer ini banyak digunakan sebagai material pertahanan karena memiliki *yield strain* dan keuletan tinggi (S.C. Wright.1993).

Polipropilena merupakan sebuah polimer hidrokarbon linier hasil reaksi polimerisasi dari propilena ( $C_nH_{2n}$ ) seperti pada Gambar 2.16



**Gambar 2.16** Monomer Polipropilena (Callister.2010)

Polipropilena termasuk jenis polimer semikristalin, yakni terdiri dari campuran bagian kristalin dan amorf (Zulfikar Rachman A.2008). Polimer ini merupakan salah satu jenis polimer komoditi, yang digemari karena sifatnya yang baik seperti ketahanan terhadap bahan kimia yang baik, permeabilitas terhadap air rendah, serta harganya yang murah meskipun dikenal memiliki kekakuan dan *impact strength* yang tinggi (M.S Mat Shayuti.2011). Penggunaan polimer ini diantaranya sebagai material dalam bagian-bagian mobil dan perkakas, tali, anyaman, karpet, dan film (Sri Wahyu.2010). Sifat fisik dan mekanik polipropilen dan polikarbonat ditunjukkan oleh Tabel 2.2.

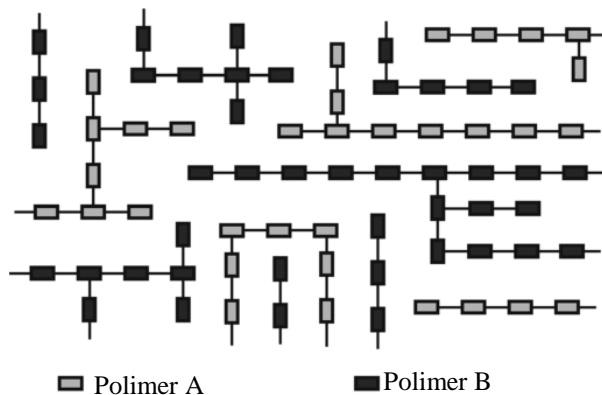
**Tabel 2.2** Sifat Fisik dan Mekanik Polipropilen dan Polikarbonat (Callister.2010)

Sifat	Polipropilen	Polikarbonat
<i>Specific Gravity</i>	0,9-0,91	1,2
Kekuatan Tarik (MPa)	35,8	62,8-72,4
Kekuatan Tekan (MPa)	40	81,5
Modulus Elastisitas (GPa)	1,14-1,55	2,38
Elongasi (%)	100-600	110-150

Untuk menghasilkan produk-produknya melalui proses pengolahan termoplastik pada umumnya, yaitu *injection molding*, ekstruksi, *blow molding*, dan *structural foam moulding* (Imam Mujiarto.2005).

## 2.4 Polymer Blend

*Polymer blend* merupakan pencampuran secara fisik atau struktural pada homo atau kopolimer yang berbeda. Sebuah *polymer blend* adalah campuran dua atau lebih polimer yang telah dicampur bersama untuk menghasilkan sebuah material baru dengan sifat fisik maupun mekanik yang berbeda dari material pembentuknya (Lloyd.2014). Secara sederhana struktur *polymer blend* ditunjukkan oleh Gambar 2.17.



**Gambar 2.17** Skema Struktur Molekul *Polymer Blend* (Rolf Klein.2011)

Proses pencampuran polimer biasa dilakukan saat polimer dalam keadaan leleh. Kelarutan polimer satu sama lain mempengaruhi sifatnya pada berbagai variasi komposisi. Ukuran dan bentuk fase terdispersi dalam *polymer blend* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti komposisi, perbandingan viskositas, tegangan permukaan, *shear rate*, elastisitas dan kondisi proses (Jazani, O. Moini.2010). Ikatan hidrogen adalah interaksi yang dibutuhkan dalam kelarutan *polymer blend*. *Polymer blend* yang terdiri dari sebuah polimer dengan gugus penerima proton serta polimer lain dengan gugus pendonor proton memiliki kecenderungan besar untuk saling melarutkan (Lloyd.2014). Berdasarkan kelarutannya *polymer blend* diklasifikasikan menjadi.

1. *Miscible polymer blend*, yakni *polymer blend* yang mampu larut satu sama lain
2. *Immiscible polymer blend*, yakni *polymer blend* yang kelarutannya terbatas atau bahkan tidak saling melarutkan satu sama lain.

Menurut Utracki (1990), kelarutan *polymer blend* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya :

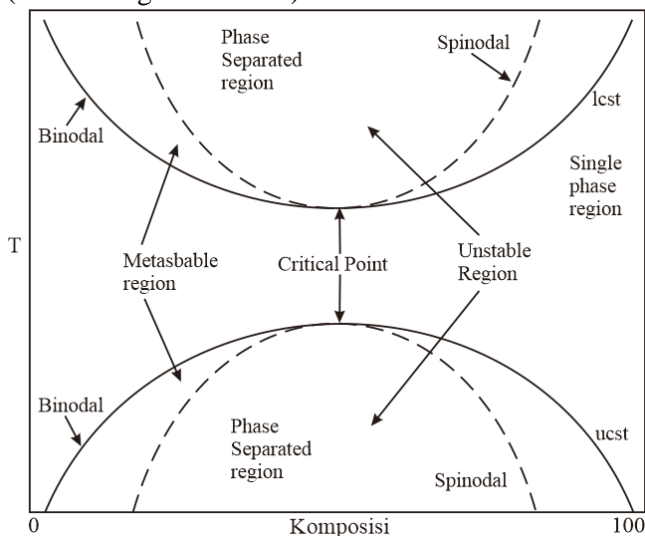
1. Polaritas  
Polimer dengan struktur dan polaritas yang hampir sama cenderung untuk melarutkan satu sama lain dan membentuk *miscible polymer blend*
2. Tarik-menarik gugus tertentu  
Polimer dapat berinteraksi oleh adanya ikatan hidrogen, asam basa, muatan ion, ion-dipol serta donor-penerima elektron.
3. Berat molekul  
Polimer dengan berat molekul yang hampir sama lebih mudah membentuk *miscible polymer blend*, sebaliknya polimer dengan berat molekul berbeda cenderung membentuk *immiscible polymer blend*
4. Rasio  
Dua polimer akan menunjukkan perilaku *immiscible* ketika jumlah kedua komponennya besar.

## 5. Kristalinitas

Pada *polymer blend*, jika sebuah polimer penyusunnya adalah polimer kristalin, ia akan menghasilkan fase lain pada sistem. Jika kedua polimer penyusun *blend* adalah kristalin, biasanya akan terbentuk dua fase kristalin dalam sistem.

Ketidaklarutan *polymer blend* dapat dikurangi dengan penambahan polimer lain yang mampu melarutkan kedua polimer tersebut atau melalui penambahan *compatibilizer*, sehingga mampu meningkatkan adhesi dan terkonsentrasi pada kedua permukaan polimer. Hal ini mampu menurunkan ukuran partikel *blend* dan meningkatkan sifat mekaniknya. Dalam industri *miscible polymer blend* lebih digemari, namun beberapa aplikasi tertentu menggunakan *immiscible polymer blend* (Lloyd.2014).

Seperti pada paduan logam, *polymer blend* memiliki fasa-fasa yang dapat direkayasa untuk mendapatkan sifat tertentu. Secara sederhana diagram fasa *binary polymer blend* ditunjukkan oleh Gambar 2.18. Dari gambar terlihat bahwa *polymer blend* memiliki beberapa daerah yaitu daerah metastabil dan daerah tidak stabil (tidak saling melarutkan).



**Gambar 2.18** Diagram Fasa *Binary Polymer Blend* (Lloyd.2014)

Dalam diagram fasa tersebut juga terdapat proses pemisahan fasa yang ditunjukkan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Perbandingan Proses Pemisahan Fasa (Lloyd.2014)

Sifat	Nukleasi dan <i>growth</i>	Dekomposisi Spinoidal
Ukuran fasa	Meningkat seiring waktu	Konstan
Konsentrasi fasa	Konstan	Meningkat seiring waktu
Koefisien difusi	Positif	Negatif
Struktur fasa	Terpisah	Saling terhubung
Energi aktivasi	Dibutuhkan	Tidak dibutuhkan
Region pada diagram fasa	Metastabil atau tidak stabil	Tidak stabil

Hanya nukleasi dan *growth* yang terjadi pada daerah metastabil. Daerah dan proses tersebut dapat terjadi pada temperatur cukup rendah dan temperatur tinggi yakni ditandai oleh garis *lower critical solution temperature* (LCST) dan *upper critical solution temperature* (UCST) (Lloyd.2014).

## 2.5 Polypropylene/Polycarbonate Blend

Polipropilen dan polikarbonat tidak saling melarutkan satu sama lain karena perbedaan polaritas dan parameter kelarutan. Meski demikian *blend* ini tetap dikembangkan karena efek penguatan yang dihasilkan oleh fase terdispersi polikarbonat dalam matriks polipropilen (M.S Mat Shayuti.2011).

*Polypropylene/polycarbonate blend* tergolong ke dalam *immiscible polymer blend*. Oleh karenanya pengendalian morfologi sangatlah penting untuk mendapatkan sifat mekanik yang diinginkan. Proses manufaktur juga mempengaruhi morfologi *blend* yang dihasilkan. Perbedaan yang cukup besar pada bagian luar dan tengah hasil ekstrusi, menandakan adanya pengaruh daerah cetakan terhadap pembentukan struktur (J. Karger-Kocsis.1995).

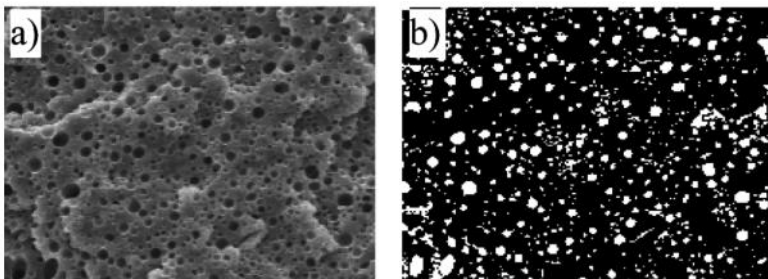
Beberapa industri di dunia mengembangkan berbagai metode untuk meningkatkan kemampuan *blending* polimer ini pada berbagai komposisi. Penambahan sekitar 5% PP pada PC dapat menurunkan viskositas saat meleleh, sehingga meningkatkan kemampuan proses PC, selain itu juga meningkatkan kekuatan impak (terutama pada benda tebal), meningkatkan modulus, menurunkan sensitivitas terhadap takikan serta menurunkan penyusutan saat *molding*.

Disisi lain penambahan sekitar 10% PC pada PP meningkatkan kemampuan proses dan penampilan produk, meningkatkan kekerasan, modulus, kekuatan impak dan mengurangi penyusutan saat *molding*. Penambahan PC pada PP juga mampu meningkatkan kristalinitas PP. Pengendalian komposisi PC adalah kunci untuk mendapatkan sifat yang diinginkan (J. Karger-Kocsis.1995)

## 2.6 Penelitian Sebelumnya

Beberapa penelitian sebelumnya telah mempelajari interaksi, karakteristik, maupun aplikasi dari material *Polypropylene/polycarbonate blend*.

M. Bilewicz, J. C. Viana dan L.A. Dobrzanski (2007) melakukan penelitian penguatan pada komposit polimer-polimer. Variabel yang digunakan adalah komposisi polipropilen, polikarbonat dan *montmorillonite* (MMT) serta temperatur injeksi (240 dan 280 °C).



**Gambar 2.19** Hasil SEM PP/PC, (a) Setelah Dietsa Sikloheksanon, (b) Analisa Area Berlubang (M. Bilewicz.2007)

Berdasarkan hasil pengujian, PC terdistribusi dengan baik dalam matriks PC seperti yang ditunjukkan Gambar 2.19. Kenaikan temperatur injeksi menyebabkan turunnya *fracture toughness*. Penambahan MMT meningkatkan penguatan sistem, serta menaikkan *fracture toughness*.

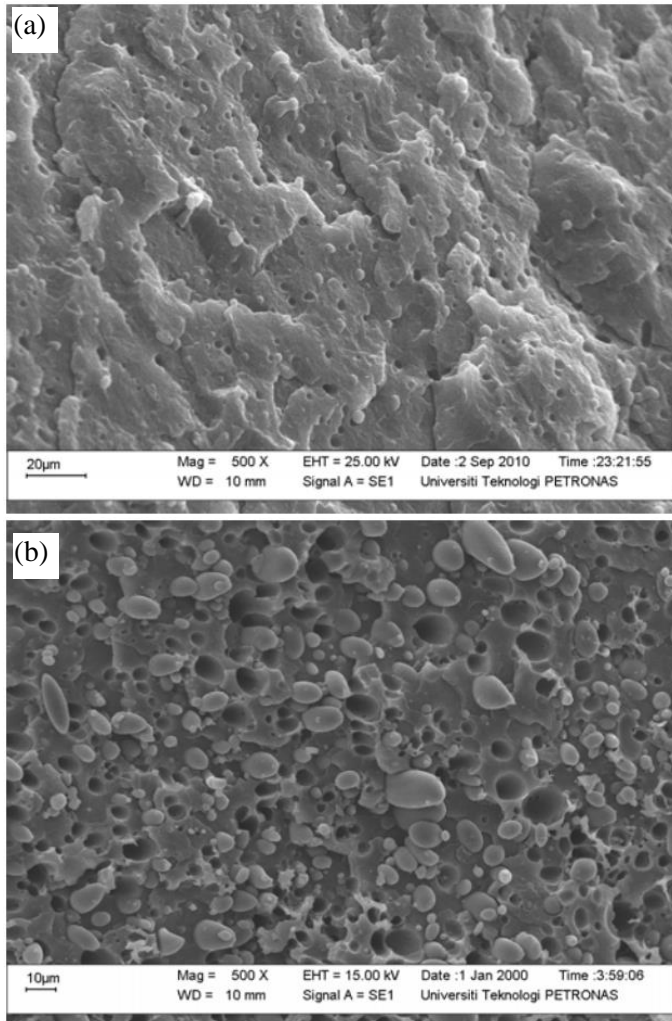
L.A Dobrzanski, M. Krol, M. Bilewicz dan J. C Viana (2008) melakukan penelitian untuk mengetahui mikrostruktur dan sifat mekanik dari *Polypropylene/polycarbonate blend*. Variabel yang digunakan adalah komposisi (0, 10, 20, 30% PC) dan temperatur injeksi (240, 280 °C). dari penelitian ini diketahui mikrostruktur material yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh parameter proses dan material yang digunakan. PP/PC *blend* yang dihasilkan memiliki nilai modulus yang lebih besar dibanding PP murni. Penambahan PC pada matriks PP berpengaruh besar terhadap perubahan morfologi dan sifat mekanik material yang dihasilkan.

M. Bilewicz, J.C Viana. L. A. Dobrzanski (2008) melakukan penelitian terhadap penguatan yang terjadi dengan pengembangan teknik injeksi. Material yang digunakan adalah polipropilen, polikarbonat, *montmorillonite* (MMT) dan polipropilen *graft* dengan *Maleic Anhydride* (MAP). Variabel yang digunakan adalah komposisi, temperatur injeksi (240, 280 °C), dengan teknik injeksi yang digunakan yaitu *Conventional Injection Molding* (CIM) dan *Non-Conventional Injection Molding* (N-CIM tipe SCORIM). Dari hasil pengujian disimpulkan bahwa penambahan MAP menurunkan *fracture toughness*, sedangkan MMT menaikkan *fracture toughness*. Pada CIM PP/PC *blend* meningkatkan perilaku patahan, sedangkan MAP menurunkan *fracture toughness* PP.

M. S. Mat Shayuti, M. Z. Abdullah, Puteri S. M. Megat Yusoff (2011) melakukan penelitian mengenai morfologi dan sifat mekanik *Polypropylene/polycarbonate blend*. Material yang digunakan adalah polipropilen, polikarbonat, dan PP-g-MA dengan variabel komposisi. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa penambahan PP-g-MA meningkatkan dispersi PC pada matriks PP,



dengan kenaikan prosentasi PC ukuran partikel PC terdistribusi turut meningkat seperti ditunjukkan Gambar 2.20.



**Gambar 2.20** Hasil SEM (a) PP/PC(70/30), (b) PP/PC/PP-g-MA(90/5/5) (M. S. Mat Shayuti.2011)

Hasil uji tekan menunjukkan bahwa komposisi optimum adalah 25% PC dengan 5% PP-g-MA yang memiliki nilai kekuatan tekan dan kekakuan tertinggi. Komposisi PC lebih dari 25% menunjukkan penurunan sifat mekanik, hal ini diakibatkan jumlah PP-g-MA tidak mencukupi kebutuhan.

Berdasarkan beberapa penelitian diatas diketahui bahwa sifat fisik maupun mekanik dari *polypropylene/polycarbonate blend* sangat dipengaruhi oleh komposisi komponen penyusunnya serta parameter proses yang digunakan. Oleh karenanya, pada penelitian ini dibuat *polymer blend* dengan beberapa variasi komposisi polikarbonat serta dengan proses pembuatan yang berbeda yakni *handtruder* dan *compression molding* guna mengetahui pengaruh dua hal tersebut terhadap sifat fisik dan mekanik *polypropylene/polycarbonate blend* sebagai material sabot.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### A. Polipropilena

Polipropilena yang digunakan adalah polipropilena dengan merk dagang Masplene<sup>®</sup> dalam bentuk pelet yang kemudian dihaluskan menjadi serbuk dengan ukuran  $\pm 100 - 240 \mu\text{m}$  seperti pada Gambar 3.1 (a). Polipropilena merupakan komponen utama *polymer blend*.



**Gambar 3.1** Serbuk (a) Polipropilen, (b) Polikarbonat

#### B. Polikarbonat

Polikarbonat yang digunakan adalah *Wonderlite*<sup>®</sup> PC-115 dalam bentuk pelet yang kemudian dihaluskan menjadi serbuk dengan ukuran  $\pm 50 - 240 \mu\text{m}$  seperti pada Gambar 3.1 (b). Karakteristik polikarbonat ini ditunjukkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Karakteristik Polikarbonat *Wonderlite*<sup>®</sup> PC-115

Sifat	Nilai
Densitas ( $\text{g/cm}^3$ )	1,2
Kekuatan Tarik (MPa)	61,8
Kekuatan Tekan (MPa)	81,5
Elongasi (%)	120

Polikarbonat merupakan material pendukung yang berperan dalam peningkatan sifat mekanik *polymer blend*.

### C. Larutan Sikloheksanon

Larutan sikloheksanon digunakan dalam proses etsa *polymer blend* sebelum diuji dengan *Scanning Electron Microscope*. Penggunaan larutan ini bertujuan untuk mengetsa polikarbonat dari *polymer blend*. Larutan sikloheksanon yang digunakan adalah larutan dari Merck, dengan rumus kimia  $C_6H_{10}O$ , Mr 98.14 g/mol, kemurnian 99%, dan densitas 0,947 g/cm<sup>3</sup>.

### 3.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### A. Mesin *Handtruder*

Mesin *handtruder* yang digunakan adalah *handtruder* M-1 Toyoseiki pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Alat *Handtruder* M-1 Toyoseiki

*Handtruder* ini digunakan untuk mencetak *polymer blend* menjadi spesimen uji tarik sesuai dengan ASTM D 638 tipe 1. Mesin ini memiliki temperatur pemanas 20 - 400 °C, ukuran silinder 12 x 130 mm, dan kapasitas silinder sebesar 9 cc.

### B. Mesin Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Mesin *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang digunakan adalah PHENOM G2 Pro pada Gambar 3.3 dengan perbesaran 80 – 45.000 kali. SEM digunakan untuk melihat morfologi dan distribusi komponen pada *blend* yang dihasilkan.



**Gambar 3.3** Alat *Scanning Electron Microscope*

### C. Mesin Uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Mesin FTIR yang digunakan adalah *thermo scientific* pada Gambar 3.4. FTIR dengan *wavelength* 500 – 4.000  $\text{cm}^{-1}$ , digunakan untuk mengetahui rantai maupun gugus yang terdapat dalam *blend* yang menunjukkan keberadaan polipropilen dan polikarbonat.



**Gambar 3.4** Alat Uji FTIR

### D. Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik yang digunakan adalah *Universal Testing Machine* dengan kapasitas beban 100 kg sampai 10 ton. Uji

tarik dilakukan untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas *blend*.

#### E. Mesin Uji Tekan

Mesin uji tekan yang digunakan adalah *Universal Testing Machine* UH-500 kN pada Gambar 3.5 dengan kapasitas 10 – 500 kN. Uji tekan sesuai ASTM D 695 – 92 dilakukan untuk mendapatkan kekuatan tekan dan modulus elastisitas *blend*.



**Gambar 3.5** Alat Uji Tekan

#### F. Oven

Oven dengan merk memmert pada Gambar 3.6 digunakan untuk *drying* campuran polikarbonat dan polipropilen selama 4 jam pada 120 °C sebelum dibuat menjadi *polymer blend*.



**Gambar 3.6** Oven

#### G. Compression Molding

*Compression molding* yang digunakan adalah seperti pada Gambar 3.7 dengan *dies* yang telah dilengkapi pemanas,

dengan dimensi *dies* sesuai dengan dimensi spesimen uji tekan ASTM D 695 - 96.



**Gambar 3.7** *Compression Molding*

#### **H. Neraca Digital**

Neraca digital merk Metler Toledo digunakan untuk menimbang massa polikarbonat, polipropilena dan *polymer blend* serta digunakan dalam proses pengukuran densitas *polymer blend*. Spesifikasi alat yaitu kapasitas maksimum 220 g, ketelitian 0.0001 g, berat alat 4,6 Kg, dimensi *weighing pan*  $\varnothing$  90 mm, dan maksimum tinggi benda 237 mm.

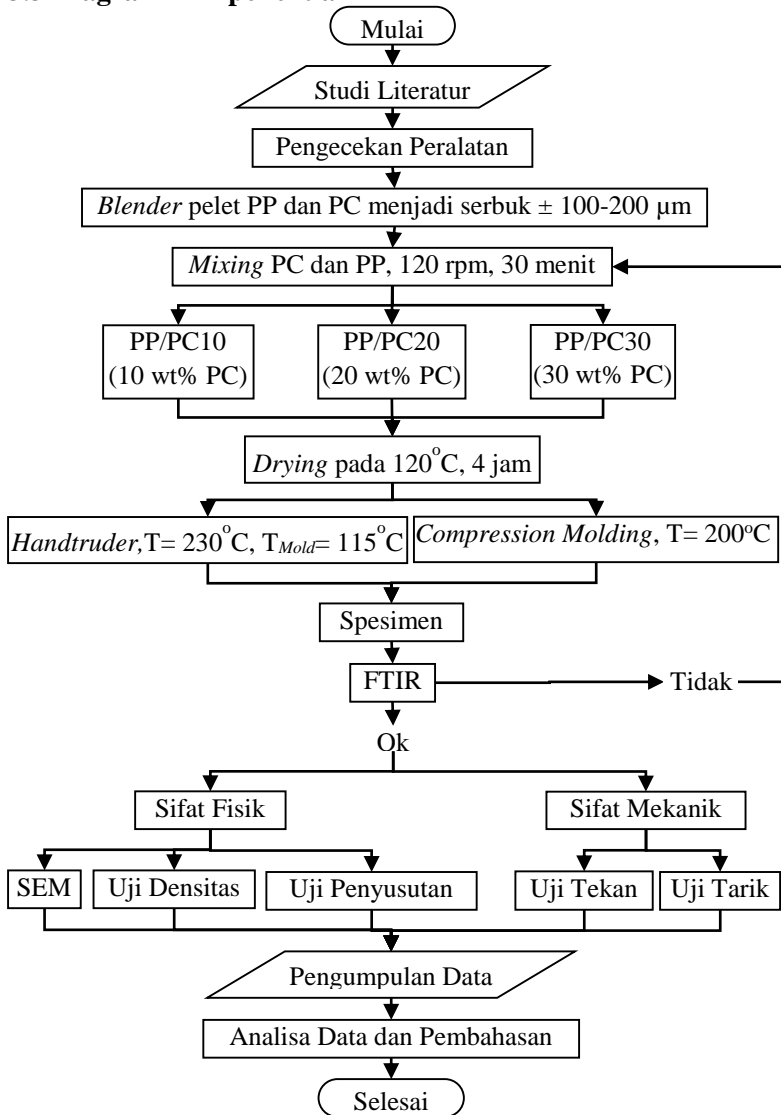
#### **I. Blender**

*Blender* merk Takeshi dengan daya 450 W, *rotational speed* 11.000-18.000 rpm dan voltase 220 V. *Blender* ini digunakan untuk menghancurkan pelet polimer menjadi serbuk, sehingga mempermudah proses *mixing* dan pembentukan *polymer blend*.

#### **J. Peralatan lain**

Peralatan lain yang digunakan dalam penelitian ini yaitu jangka sorong, gergaji, termometer tembak, *beaker glass*, *cutter*, *magnetic stirrer*, *spin bar*, gerinda, toples plastik, sarung tangan, pinset, kuas, *dies*, spatula, gunting, *Aluminum foil*, tisu, plastik klip, dan loyang.

### 3.3 Diagram Alir penelitian



**Gambar 3.8** Diagram Alir Penelitian



### 3.4 Rancangan Penelitian

Berdasarkan diagram alir Gambar 3.8 di atas dengan variasi wt% PC dan proses pembentukan *blend*, maka dapat dibuat rancangan penelitian pada Tabel 3.2 berikut.

**Tabel 3.2** Perancangan Penelitian

Metode	Kode	Hasil Pengujian					
		FTIR	SEM	Shrinkage (%)	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tarik (MPa)
<i>Handtruder</i>	PP/PC10	√	√	√	√		√
	PP/PC20	√	√	√	√		√
	PP/PC30	√	√	√	√		√
<i>Compression Molding</i>	PP/PC10	√	√	√	√	√	
	PP/PC20	√	√	√	√	√	
	PP/PC30	√	√	√	√	√	

### 3.5 Tahapan Penelitian

Untuk menghasilkan hasil penelitian yang sesuai dengan harapan maka tahapan-tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### 3.5.1 Preparasi PC dan PP

Menghaluskan pelet PP dan PC dengan *blender* hingga menjadi serbuk dengan ukuran  $\pm 100\text{-}200\ \mu\text{m}$ , kemudian menimbang serbuk PP dan PC dengan komposisi 10, 20, dan 30 wt% PC, serta mencampurkannya dengan *stirring* 120 rpm selama 30 menit. Memberikan label pada wadah penyimpanan serbuk dengan kode PP/PC10 pada 10 wt% PC, PP/PC20 pada 20 wt% PC dan PP/PC30 pada 30 wt% PC kemudian *didrying* pada 120 °C selama 4 jam.

#### 3.5.2 Pembentukan *Polymer Blend*

##### A. *Handtruder*

Menyiapkan mesin *handtruder M-1*, serta merangkai cetakan dan silinder, memastikan *main power* sudah terhubung dengan alat voltase AC 110 V dan mengatur temperatur silinder menjadi 230 °C dan temperatur mold 110 °C. Memasukkan

campuran serbuk polikarbonat dan polipropilen sesuai komposisi ke dalam silinder, dilanjutkan menekan serta menahan tuas pada angka 11 selama sekitar 10 menit. Menarik tuas sehingga material masuk ke dalam *mold*, mendinginkan cetakan dengan kompresor, dan mengeluarkan *polymer blend* yang dihasilkan. Mengulangi untuk komposisi yang lain.

#### B. *Compression Molding*

Menyiapkan mesin kompresi dan merangkai *dies*, *base* serta *punch*. Memasukkan 5 gram serbuk polimer ke dalam *dies* dilanjutkan mengompaksinya hingga padat kemudian memasang *heater* pada *dies*, dan mengatur temperatur menjadi 200 °C, setelah mencapai temperatur tersebut dilakukan *holding* selama 30 menit. Mendinginkan *dies*, dan mengeluarkan *polymer blend*, mengulangi untuk komposisi lain.

### 3.5.3 Pengujian

#### A. FTIR

Menyiapkan spesimen dari masing-masing komposisi dengan dimensi 10 x 3 x 2 mm. Melakukan *collect background* sebelum meletakkan spesimen ke dalam *holder*. Melakukan *collect sample* serta mengamati grafik yang dihasilkan pada komputer. Melakukan langkah tersebut untuk sampel lain.

#### B. SEM

Mengiapkan spesimen dari masing-masing variabel dengan dimensi 13 x 3 x 5 mm untuk *blend* hasil *handtruder*, dan 12,7 x 12,7 x 5 mm untuk *blend* hasil *compression molding*. Mengetsa spesimen dengan larutan sikloheksanon selama 24 jam, lalu membersihkan permukaan spesimen agar tidak ada pengotor atau debu yang menempel, lalu meletakkan spesimen pada *holder*. Memasukkan spesimen beserta *holder* ke dalam mesin serta mengamati gambar pada komputer dengan perbesaran tertentu melalui monitor. Melakukan untuk sampel lain.

#### C. Pengukuran Densitas

Menyiapkan spesimen uji untuk masing-masing variasi komposisi, dengan volume spesimen tidak kurang dari 1 cm<sup>3</sup>, tebal

lebih dari 1 mm, dengan massa 1-5 gram. Menimbang massa masing-masing spesimen menggunakan neraca digital Metler Toledo, dilanjutkan mengukur dimensi tiap spesimen untuk menghitung volumenya. Menghitung densitas spesimen dari masing-masing variasi berdasarkan persamaan 3.1.

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots \text{pers 3.1}$$

Dengan  $\rho$  merupakan densitas material ( $\text{g/cm}^3$ ),  $m$  adalah massa spesimen (gram), dan  $V$  adalah volume spesimen ( $\text{cm}^3$ )

#### D. Pengukuran penyusutan

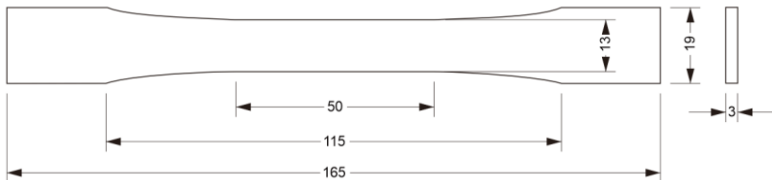
Pengukuran penyusutan yang terjadi pada hasil *handtruder* dan *compression molding* dilakukan sesuai ASTM D 955 untuk polimer termoplastis. Prinsip pengujian ini adalah menentukan perbedaan dimensi rongga *mold* dengan dimensi spesimen yang dihasilkan dengan persamaan 3.2.

$$S_w = (W_m - W_s) \times 100 / W_m \dots\dots\dots \text{pers 3.2}$$

Dengan  $S_w$  merupakan penyusutan pada arah melintang (lebar) spesimen yang dinyatakan dalam persen (%),  $W_m$  merupakan lebar mold dan  $W_s$  merupakan lebar spesimen, dalam satuan milimeter (mm).

#### E. Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan sesuai standar ASTM D 638, tipe 1 untuk *rigid polymer*, diawali dengan menyiapkan spesimen dengan dimensi seperti pada Gambar 3.9 untuk masing-masing variasi komposisi.

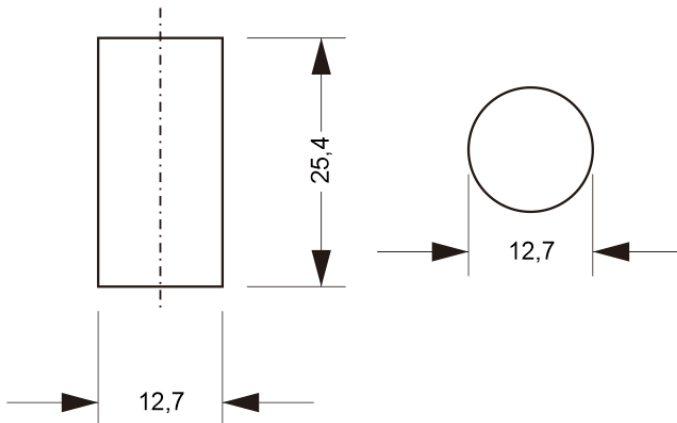


**Gambar 3.9** Spesimen Uji Tarik ASTM D638 tipe 1 (satuan dalam mm)

Melakukan pengujian tarik pada masing-masing spesimen dengan beban 500 kg, laju 5 mm/menit, dilanjutkan mengukur panjang akhir setelah spesimen patah, untuk menentukan elongasi. Menganalisa hasil kurva hasil pengujian tarik guna menghitung kekuatan tarik, dan modulus elastisitas. Modulus elastisitas dihitung dengan persamaan 2.3.

#### F. Uji Tekan

Menyiapkan spesimen uji untuk masing-masing variasi komposisi sesuai ASTM D 695 – 92 seperti pada Gambar 3.10.



**Gambar 3.10** Spesimen Uji Tekan ASTM D 695 – 92 (satuan dalam mm)

Melakukan pengujian tekan pada setiap spesimen, dengan laju deformasi 1,3 mm/menit. Dilanjutkan menganalisa grafik hasil pengujian guna menghitung nilai kekuatan tekan serta modulus elastisitas. Modulus elastisitas dihitung dengan persamaan 2.3 sedang kekuatan tekan diperoleh pada deformasi sebesar 20 %.

### 3.6 Jadwal Penelitian

Kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini sesuai dengan jadwal pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan				
		Feb	Mar	Apr	Mei	Juni
1	Studi literatur					
2	Persiapan alat dan bahan					
3	Proses handtruding dan kompresi					
5	Pengujian dan pengumpulan data					
6	Analisa data dan pembahasan					
7	Penarikan kesimpulan					
8	Asistensi dengan dosen pembimbing					
9	Penulisan laporan					

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Proses Pembuatan *Polypropylene/polycarbonate Blend*

Penelitian ini terdiri dari dua bagian yakni pembuatan material *polymer blend* yang memenuhi spesifikasi sabot serta pemilihan proses fabrikasi yang sesuai untuk sabot polimer. Pada pemilihan material sabot, sampel uji karakterisasi dapat dibuat dengan berbagai macam metode.

Pada penelitian ini *polypropylene/polycarbonate blend* dibuat dengan dua macam proses yaitu *handtruder* untuk sampel uji FTIR, uji SEM, uji densitas, uji penyusutan, serta uji tarik, dan *compression molding* untuk sampel uji FTIR, uji SEM, uji densitas, uji penyusutan dan uji tekan. Secara teori, berbagai metode yang digunakan akan menghasilkan produk yang sama asalkan terstandarisasi/terkaliberasi dengan baik. Spek peralatan manufaktur serta kondisi alat yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Spek *Handtruder* dan *Compression Molding*

Parameter	<i>Handtruder</i>	<i>Compression Molding</i>
Kapasitas (cc)	9	4,5
Temperatur <i>mold</i> (°C)	20-200	25-500
Tekanan (bar)	manual	0-700
Temperatur silinder (°C)	20-400	-

Sebelum proses pembuatan, pelet polipropilen dan polikarbonat dihaluskan dengan *blender* hingga menjadi serbuk dengan ukuran  $\pm 100 - 200 \mu\text{m}$  seperti pada Gambar 3.1 guna mempermudah *mixing* dan proses pembentukan menjadi spesimen. Polipropilen (PP) bertindak sebagai mastriks yang akan dinaikkan sifatnya, sedang polikarbonat (PC) sebagai penguat. Pencampuran serbuk dilakukan dengan *magnetic stirer* pada 120 rpm selama 30 menit, pada temperatur ruang, setelah *mixing* serbuk didrying pada

120 °C selama 4 jam untuk menghilangkan *moisture*, kemudian dilanjutkan dengan proses *handtruder* atau *compression molding*.

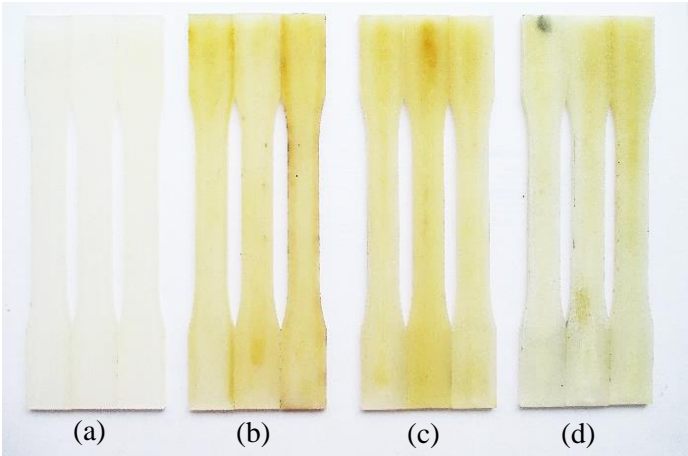
4.1.1 *Handtruder*

Secara perhitungan untuk mendapatkan spesimen uji tarik dengan *handtruder* dibutuhkan 15 gram material dengan massa masing-masing pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.2** Komposisi *Polymer Blend* dengan *Handtruder*

	PP/PC10	PP/PC20	PP/PC30
PP (gram)	13,5	12	10,5
PC (gram)	1,5	3	4,5

Campuran serbuk di*handtruder* menggunakan *handtruder* M-1 Toyoseiki, dengan  $T_{\text{silinder}}$  230 °C,  $T_{\text{mold}}$  110 °C, sedangkan PP murni  $T_{\text{silinder}}$  180 °C,  $T_{\text{mold}}$  60 °C dengan waktu *holding* 15 menit. Gambar 4.1 menunjukkan spesimen uji tarik sesuai ASTM D 638 tipe 1, hasil proses *handtruder*.



**Gambar 4.1** Spesimen Uji Tarik hasil *Handtruder* (a) PP murni, (b) PP/PC10, (c) PP/PC20, dan (d) PP/PC30

Hasil *handtruder* pada Gambar 4.1 menunjukkan warna yang berbeda pada tiap komposisi. Spesimen PP murni berwarna



putih dan cukup transparan, warna PP/PC10 kecoklatan dan sedikit transparan, namun warna tersebut makin memudar dan buram dengan kenaikan komposisi PC. Perbedaan warna tersebut diakibatkan oleh perbedaan temperatur yang digunakan pada proses *handtruder*.

*Handtruder* PP murni menggunakan temperatur yang lebih rendah dibanding *blend* yakni 180 °C, sedangkan *handtruder blend* pada 230 °C. Perbedaan temperatur yang digunakan ini dikarenakan perbedaan *melting point* PP dan PC, *melting point* PP 180 °C, sedangkan PC 220 °C. Temperatur 230 °C dipilih sebagai temperatur *handtruder blend* agar kedua polimer meleleh dan dapat berinteraksi dengan baik, namun pada temperatur tersebut warna PP menjadi sedikit kecoklatan. Pada spesimen yang dihasilkan ditemukan adanya *void* atau rongga yang sangat kecil dengan jumlah yang semakin meningkat seiring dengan kenaikan wt% PC. *Void* yang terbentuk merupakan akibat dari adanya udara yang terjebak diantara serbuk polimer serta ketidaklarutan polimer atau adhesi antar polimer yang kecil (Lloyd.2014). PP dan PC dalam bentuk serbuk memungkinkan adanya udara yang terjebak dalam *blend*.

#### 4.1.2 Compression Molding

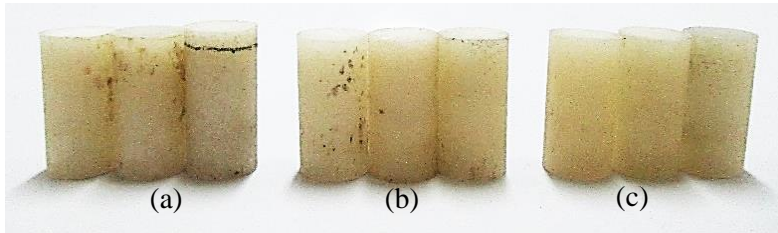
Pada proses *compression molding* dibutuhkan 5 gram material untuk tiap spesimen dengan massa masing-masing komposisi pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Komposisi *Polymer Blend* dengan *Compression Molding*

	PP/PC10	PP/PC20	PP/PC30
PP (gram)	4,5	4	3,5
PC (gram)	0,5	1	1,5

Campuran dimasukkan ke dalam *dies* dan dikompaksi dengan tekanan 100 bar hingga padat menggunakan *hidraulic jack* MELZER, kemudian dipanaskan pada temperatur 200 °C, dengan waktu *holding* 30 menit. Pada proses ini tidak dapat digunakan temperatur lebih dari 200 °C, karena melebihi temperatur tersebut

lelehan polimer akan keluar dari rongga *dies* melalui celah *dies* dan *base*. Gambar 4.3 menunjukkan spesimen hasil *compression molding* sesuai ASTM D 695 – 96 pada Gambar 3.10.



**Gambar 4.2** Spesimen Uji Tekan hasil *Compression Molding* (a) PP/PC 10, (b) PP/PC20, dan (c) PP/PC30

Spesimen dari masing-masing komposisi tidak menunjukkan banyak perbedaan satu sama lain dari segi warna, spesimen yang dihasilkan memiliki warna putih buram, namun terdapat sedikit pengotor dipermukaan spesimen yang disebabkan oleh menempelnya pengotor pada dinding *dies*. Seperti halnya dengan hasil *handtruder* dengan kenaikan wt% PC, juga ditemukan semakin banyak *void* pada spesimen, akibat dari adanya udara yang terjebak diantara serbuk polimer serta ketidaklarutan polimer atau adhesi antar polimer yang kecil (Lloyd.2014). PP dan PC dalam bentuk serbuk memungkinkan adanya udara yang terjebak dalam *blend*, namun udara yang terjebak ini dapat diminimalkan dengan pemberian tekanan sebelum polimer dilelehkan. Pada temperatur 200 °C, PP sudah meleleh namun PC masih melunak, perbedaan kondisi ini menyebabkan adhesi antar polimer rendah.

Dari proses *handtruder* dan *compression molding* dihasilkan spesimen *polypropylene/polycarbonate blend*. Secara makro terlihat bahwa *blend* dengan variasi komposisi PC yang dihasilkan memiliki perbedaan warna dan jumlah *void*.

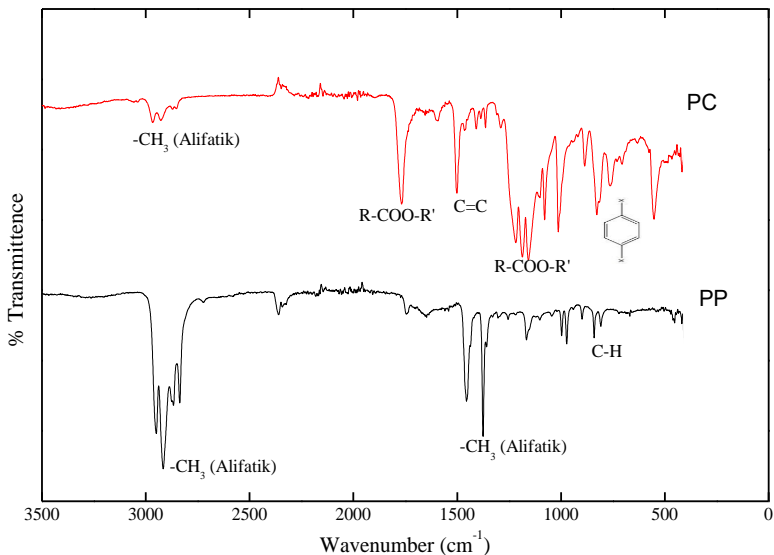
#### **4.2 Pengaruh wt% Polikarbonat terhadap Sifat Fisik dan Mekanik *Polypropylene/polycarbonate Blend***

Pada *polypropylene/polycarbonate blend*, pengendalian komposisi PC adalah kunci untuk mendapatkan sifat *blend* yang

diinginkan (J.Karger-Kocsis.1995). Penelitian ini menggunakan tiga variasi komposisi PC yakni 10, 20, dan 30 wt% guna mendapatkan komposisi *blend* terbaik sebagai kandidat material sabot. *Blend* dengan variasi komposisi tersebut dianalisa melalui beberapa pengujian guna mengetahui pengaruh wt% PC pada sifat fisik dan mekanik *polypropylene/polycarbonate blend*. Analisa ini dilakukan pada *blend* hasil *handtruder*.

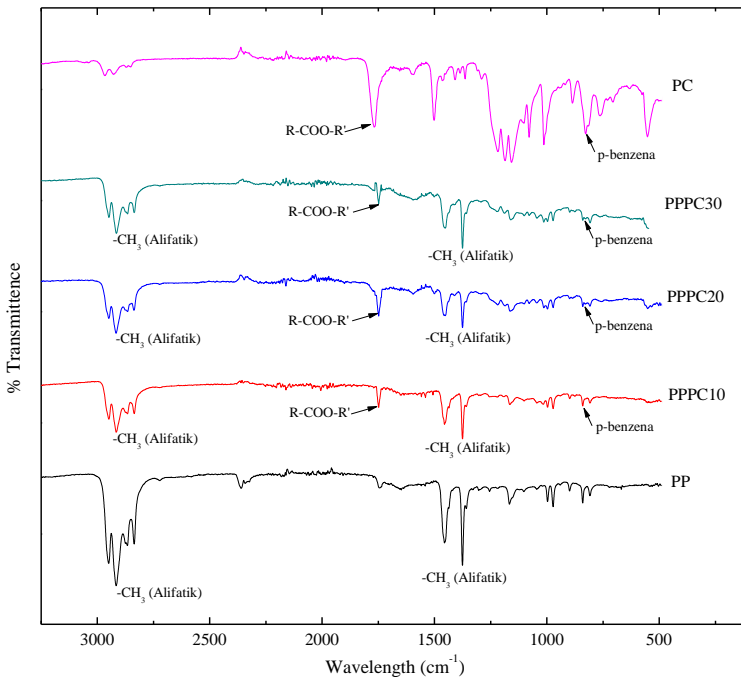
#### 4.2.1 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Spesimen yang dihasilkan dari *handtruder* dikarakterisasi dengan FTIR guna menganalisa gugus yang terdapat pada *blend*. Polipropilen memiliki struktur kimia seperti pada Gambar 2.16, memiliki rantai hidrokarbon alifatik dengan gugus metil sebagai cabangnya. Polikarbonat memiliki struktur yang cukup berbeda dengan polipropilen, pada Gambar 2.15 terlihat bahwa selain memiliki rantai alifatik, polikarbonat memiliki gugus ester dan cincin aromatik, serta metil sebagai cabangnya.



**Gambar 4.3** Perbandingan Gugus yang Terdapat pada Polipropilen dan Polikarbonat

Pada Gambar 4.3 diketahui bahwa polipropilen memiliki rantai alifatik yang ditunjukkan oleh puncak pada  $2885\text{--}2865\text{ cm}^{-1}$  dan  $1465\text{--}1440\text{ cm}^{-1}$ , serta gugus C-H yang ditunjukkan oleh puncak pada  $900\text{--}670\text{ cm}^{-1}$ . Selain memiliki puncak rantai alifatik pada  $2885\text{--}2865\text{ cm}^{-1}$ , polikarbonat dicirikan oleh gugus alifatik ester jenuh pada  $1750\text{--}1725\text{ cm}^{-1}$  dan  $1275\text{--}1050\text{ cm}^{-1}$ , serta puncak aromatik yang dicirikan pada  $1625\text{--}1590\text{ cm}^{-1}$  dan *p*-benzene pada  $680\text{--}860\text{ cm}^{-1}$  (George Socrates.2001). Puncak-puncak inilah yang menjadi acuan dalam analisa FTIR *blend* dengan berbagai komposisi. Gambar 4.4 menunjukkan hasil FTIR spesimen *blend* hasil *handtruder* pada masing-masing komposisi dibandingkan dengan PP dan PC murni.



**Gambar 4.4** Perbandingan FTIR *Polypropylene/polycarbonate Blend* Hasil *Handtruder* berbagai Komposisi

Pada gambar tersebut dapat terlihat bahwa *blend* yang terbentuk memiliki grafik yang merupakan perpaduan grafik PP dan PC, namun puncak yang ada memiliki intensitas lebih rendah dibanding PP dan PC murni. Grafik PP/PC10, PP/PC20 dan PP/PC30 memiliki bentuk yang hampir sama. Pada grafik FTIR PP/PC10, PP/PC20, dan PP/PC30 terdapat puncak gugus hidrokarbon alifatik yang ditunjukkan oleh puncak pada  $2885\text{-}2865\text{ cm}^{-1}$  dan  $1465\text{-}1440\text{ cm}^{-1}$ , serta gugus C-H yang ditunjukkan oleh puncak pada  $900\text{-}670\text{ cm}^{-1}$  yang mencirikan keberadaan polipropilen.

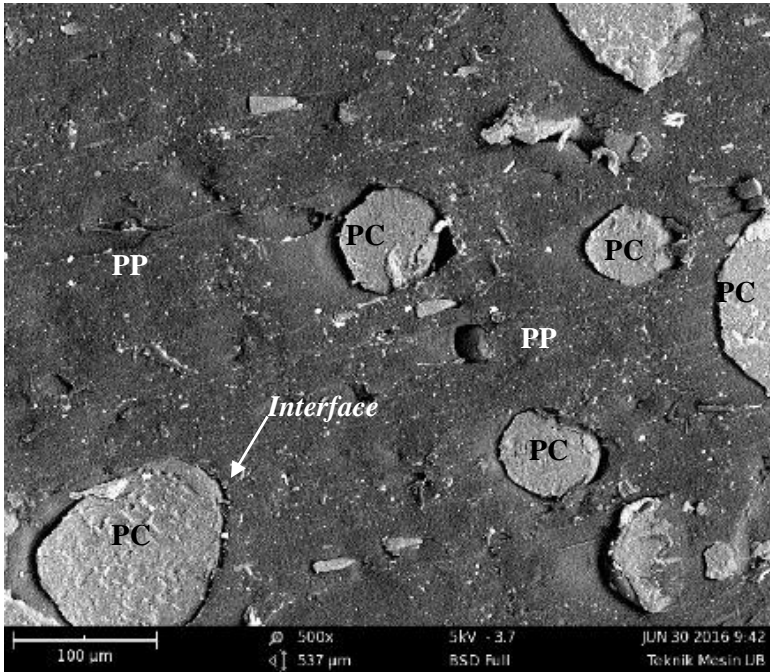
Puncak gugus alifatik ester jenuh pada  $1750\text{-}1725\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya polikarbonat dalam spesimen. Keberadaan gugus aromatik ditunjukkan oleh puncak *p*-benzene pada  $680\text{-}860\text{ cm}^{-1}$ , namun puncak aromatik pada  $1625\text{-}1590\text{ cm}^{-1}$  sangat kecil. Keberadaan gugus-gugus tersebut membuktikan bahwa *blend* yang dihasilkan dari proses *handtruder* pada berbagai variasi komposisi tersusun dari polipropilen dan polikarbonat, hal ini sesuai dengan yang diungkapkan Socrates (2001), bahwa polipropilen memiliki rantai alifatik yang ditunjukkan oleh puncak pada  $2885\text{-}2865\text{ cm}^{-1}$  dan  $1465\text{-}1440\text{ cm}^{-1}$ , serta gugus C-H yang ditunjukkan oleh puncak pada  $900\text{-}670\text{ cm}^{-1}$ . Sementara polikarbonat dicirikan oleh gugus alifatik ester jenuh pada  $1750\text{-}1725\text{ cm}^{-1}$  dan  $1275\text{-}1050\text{ cm}^{-1}$ , dan *p*-benzene pada  $680\text{-}860\text{ cm}^{-1}$ .

#### 4.2.2 *Scanning Electron Microscope (SEM)*

Pengendalian morfologi *polymer blend* secara praktik mampu mengendalikan sifat *polymer blend*. Pada *immiscible polymer blend*, sifat *blend* tak hanya dipengaruhi oleh komposisi namun juga dipengaruhi oleh faktor penting lain seperti distribusi dan ukuran partikel terdispersi, serta interaksi antara fasa pembentuk *blend* (Buthaina A. Ibrahim.2010).

Analisa morfologi dilakukan untuk mengetahui distribusi komponen penyusun *blend* yakni PC dan PP, serta interaksi PC dengan PP. Analisa ini dilakukan pada *blend* hasil *handtruder*. Hasil SEM *blend* PP dan PC pada Gambar 4.5 menunjukkan warna berbeda, dimana PC yang memiliki atom Oksigen pada struktur

kimianya sehingga akan menunjukkan warna lebih terang dibanding PP, karena nomor atom Oksigen lebih tinggi dibanding Karbon dan Hidrogen.



**Gambar 4.5** Morfologi PP/PC20 Hasil *Handtruder*

Pada Gambar 4.5 terdapat dua material yang memiliki warna yang berbeda, warna abu muda merupakan PC sedang abu tua merupakan PP. Terlihat bahwa PC tersebar pada PP dengan bentuk yang teratur yakni bulat, namun dengan ukuran yang bervariasi. Tidak seragamnya ukuran PC tersebut merupakan akibat bervariasinya ukuran serbuk PC. Dimensi PC pada Gambar 4.5 sesuai dengan dimensi serbuk yakni  $\pm 50 - 240 \mu\text{m}$ .

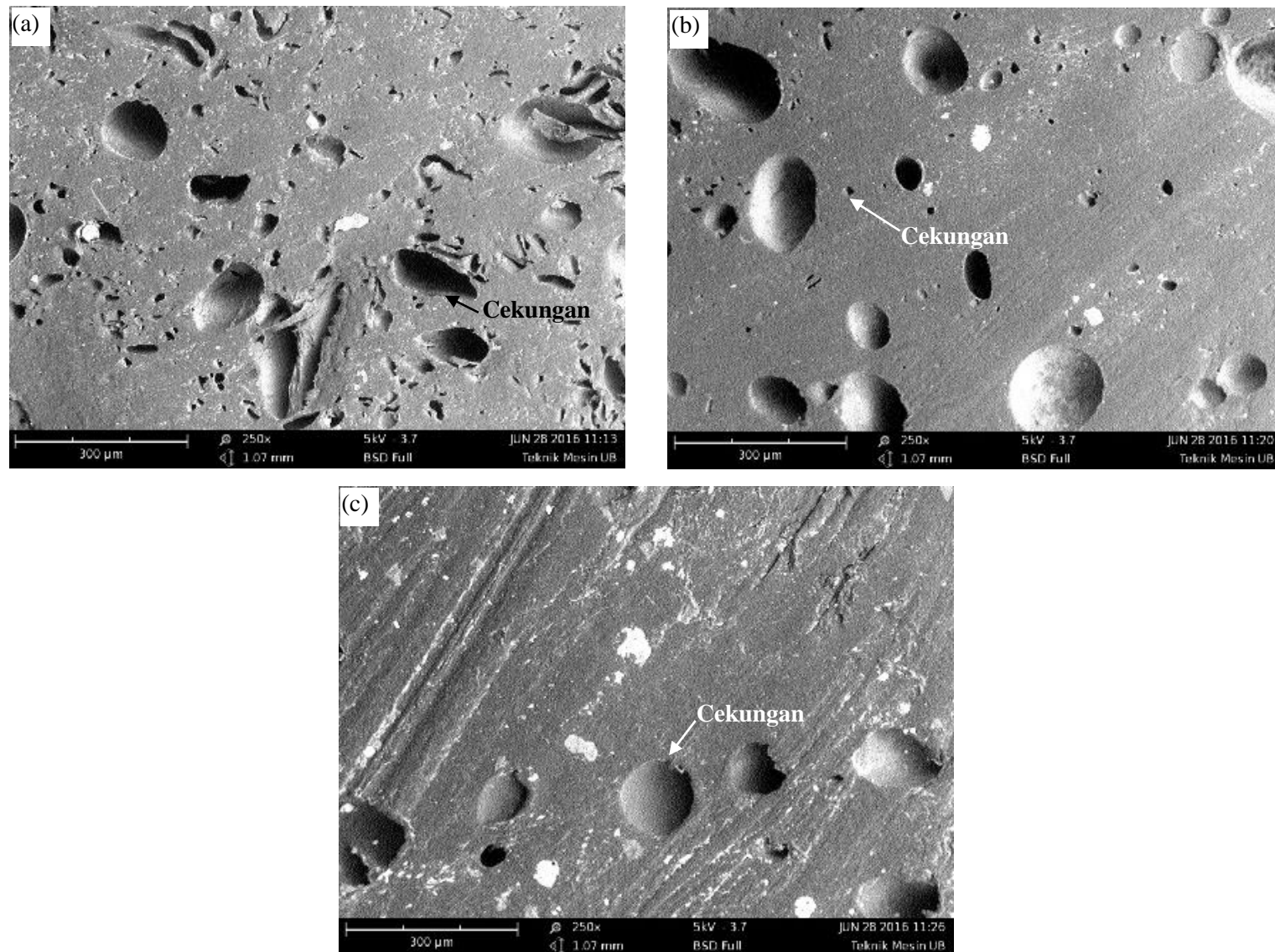
Gambar 4.5 menunjukkan bahwa PC tidak menempel secara sempurna dengan PP, terdapat jarak diantara keduanya. Jarak tersebut menunjukkan bahwa PP dan PC merupakan *immiscible polymer blend*, yakni *polymer blend* yang tidak mampu

saling melarutkan satu sama lain sehingga daya tarik atau lekat antara PP dan PC cukup lemah (M.S Mat Shayuti.2011).

Polikarbonat merupakan salah satu polimer polar, sedangkan polipropilen ada polimer nonpolar, hal ini dapat dilihat dari struktur *repeating unit*nya. Polipropilen juga termasuk ke dalam polimer kristalin sedangkan polikarbonat merupakan polimer amorf. Perbedaan polaritas dan kristalinitas PP dan PC inilah yang membuat kedua polimer ini tidak dapat saling melarutkan satu sama lain (Utracki.2002).

Perbedaan distribusi PC dalam *blend* hasil *handtruder* dengan variasi wt% PC ditunjukkan oleh Gambar 4.6. Guna mempermudah analisa distribusi PC, spesimen dietsa dengan larutan sikloheksanon selama 24 jam untuk mengilangkan PC dari *blend*.

Spesimen yang telah dietsa pada Gambar 4.6 menunjukkan morfologi yang berbeda dari spesimen tanpa dietsa pada Gambar 4.5. Setelah dietsa tidak nampak PC pada permukaan spesimen, hal ini menunjukkan bahwa PC telah terlepas dari permukaan spesimen selama proses etsa, sehingga yang nampak pada gambar adalah cekungan-cekungan tempat PC menempel, hal ini sesuai dengan penelitian M. Bilewicz (2007) yang menyatakan bahwa daerah berlubang (cekungan) tersebut merupakan tempat PC yang terkelupas pada proses etsa.



**Gambar 4.6** Hasil SEM (a) PP/PC30, (b) PP/PC20, dan (c) PP/PC10 Hasil *Handtruder* setelah Dietsa



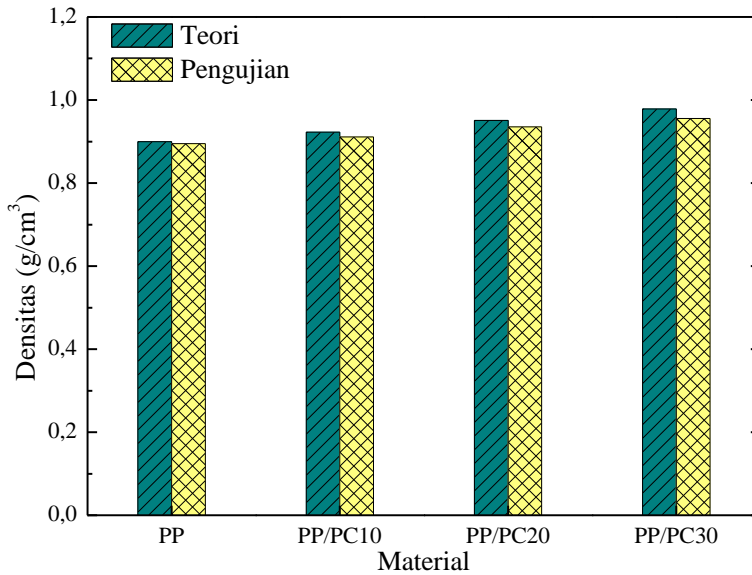
Pada PP/PC30 terdapat banyak cekungan yang memiliki bentuk tidak beraturan dan cenderung pipih, yang tersebar merata pada *blend*. Pada PP/PC20 cekungan tersebar merata pada *blend*, cekungan tersebut memiliki bentuk teratur yakni bulat dan agak lonjong dengan dimensi bervariasi. Pada PP/PC10 cekungan yang terbentuk sedikit dan tidak tersebar secara merata pada *blend*, cekungan tersebut berbentuk bulat. Jumlah cekungan meningkat dengan kenaikan wt% PC, yang berarti jumlah PC yang terdistribusi dalam *blend* semakin meningkat. Namun kenaikan wt% menyebabkan bentuk PC yang terdistribusi memiliki bentuk cenderung semakin lonjong dan semakin tidak teratur. Perubahan bentuk PC tersebut sesuai dengan hasil penelitian Elnaz (2016) yang menyatakan bahwa pada kandungan PC rendah ( $\pm 10\%$ ) PC berbentuk bulat, dengan bertambahnya kandungan PC, bentuk PC yang dihasilkan semakin memanjang.

#### 4.2.3 Densitas

Densitas merupakan karakteristik material yang mempengaruhi kinerja sabot saat terlepas dari laras dan meluncur di udara. Dengan densitas tertentu, setelah keluar dari laras, sabot akan terlepas dari proyektil tanpa mengganggu perjalanan proyektil dan tanpa menimbulkan gangguan kepada orang lain di area tertentu (USAMC.1972).

Guna mengetahui pengaruh wt% PC pada densitas *polypropylene/polycarbonate blend*, pengukuran densitas dilakukan pada spesimen *blend* hasil *handtruder* sesuai dengan persamaan 3.1, yakni dengan membagi massa dengan volume spesimen. Gambar 4.7 menunjukkan nilai densitas dari perhitungan teori serta pengujian densitas *blend* hasil *handtruder*.

Pada Gambar 4.7 terlihat adanya perbedaan densitas secara teori dengan densitas yang diperoleh dari pengujian. Densitas PP murni dari pengujian sedikit berbeda dengan teori yaitu  $0,9 \text{ g/cm}^3$  pada teori, sedangkan dari perhitungan sebesar  $0,895 \text{ g/cm}^3$ . Perbedaan nilai ini disebabkan oleh adanya *void* pada PP murni hasil *handtruder*.



**Gambar 4.7** Perbandingan Densitas Teori dan Pengujian *Polypropylene/polycarbonate Blend*

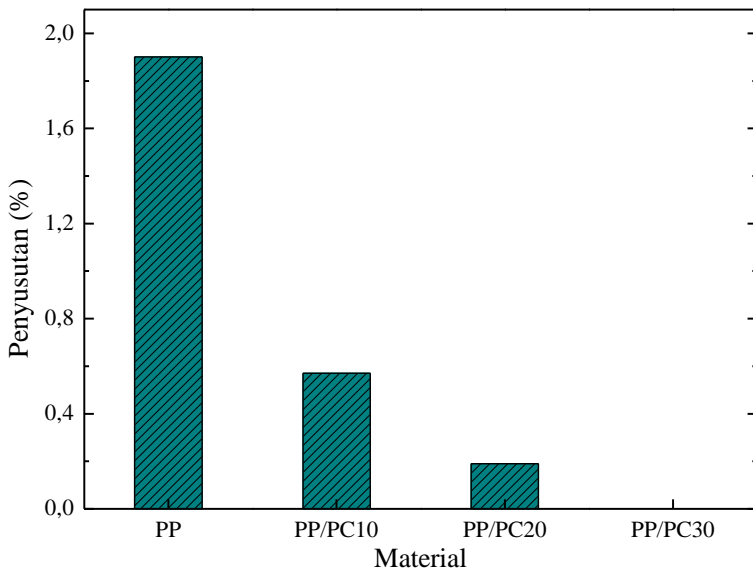
Secara teori densitas *blend* meningkat secara konstan dengan bertambahnya wt% PC. *Blend* hasil *handtruder* menunjukkan peningkatan densitas seiring dengan penambahan wt% PC dengan densitas tertinggi pada PP/PC30 sebesar 0,955 g/cm<sup>3</sup>, namun peningkatan ini masih di bawah densitas teori. Selisih antara densitas *blend* hasil *handtruder* dengan densitas teori semakin besar dengan bertambahnya wt% PC. Semakin besarnya selisih yang ada disebabkan oleh semakin banyaknya *interface* antar PC dan PP seperti pada Gambar 4.5, penyebab *void* atau rongga yang terbentuk pada *blend*, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Elnaz (2016) bahwa ukuran rongga meningkat dengan meningkatnya konsentrasi PC, yang dikarenakan oleh tingginya *interfacial tension* serta lemahnya adhesi antar polimer.

Berdasarkan standar material sabot pada Tabel 2.1 material sabot harus memiliki densitas antara 0,9 – 1,58 g/cm<sup>3</sup>. Dari hasil pengujian densitas PP hasil *handtruder* tidak memenuhi standar

tersebut karena memiliki densitas dibawah  $0,9 \text{ g/cm}^3$ , namun densitas PP/PC10, PP/PC20, dan PP/PC30 berada pada rentang nilai densitas tersebut, sehingga ketiga *blend* hasil *handtruder* memenuhi standar densitas material sabot.

#### 4.2.4 Penyusutan

Stabilitas dimensi merupakan salah satu kriteria penting dalam pemilihan material sabot, hal ini berkaitan dengan performa sabot selama dalam laras. Penyusutan volume akan menurunkan stabilitas dimensi serta akurasi ukuran benda yang dicetak (M. Fahrurrozi.2003). Material sabot memerlukan stabilitas dimensi yang baik agar secara posisi dan struktural mendukung proyektil selama peluncuran, kedap terhadap serbuk gas dalam laras, serta meminimalkan suara proyektil atau gerakan uap tak diinginkan yang dihasilkan oleh proyektil (USAMC.1972).



**Gambar 4.8** Penyusutan *Polypropylene/polycarbonate Blend* Hasil *Handtruder*

Spesimen yang dihasilkan dari *handtruder* memiliki dimensi yang sedikit berbeda dengan *mold* yang digunakan. Perbedaan dimensi ini diakibatkan oleh penyusutan. Penyusutan yang terjadi pada spesimen hasil *handtruder* ditunjukkan pada Gambar 4.8. Nilai penyusutan tersebut dihitung sesuai dengan persamaan 3.2 yang berdasarkan pada ASTM D 955. Prinsip pengujian ini adalah menentukan perbedaan dimensi rongga *mold* dengan dimensi spesimen yang dihasilkan.

Pada gambar tersebut terlihat bahwa penyusutan terbesar terjadi pada PP murni yakni sebesar 1,9%, nilai penyusutan ini menurun menjadi 0,57% pada PP/PC10. Penyusutan yang terjadi semakin menurun dengan kenaikan wt% PC, yakni menjadi 0,19% pada PP/PC20 dan 0% pada PP/PC30. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan PC pada PP mampu menurunkan nilai penyusutan pada *blend*. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Coller (1996), bahwa penyusutan yang terjadi pada polimer dapat diminimalkan dengan penambahan material lain sebagai pengisi.

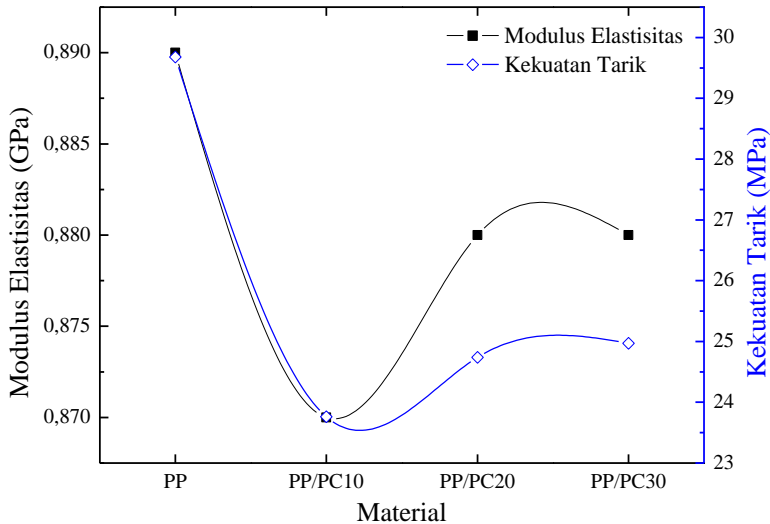
Penurunan nilai penyusutan ini dikarenakan semakin bertambahnya jumlah polimer amorf pada *blend*. PC merupakan polimer amorf sedangkan PP adalah polimer kristalin. Polimer kristalin akan mengalami penyusutan lebih besar dibandingkan polimer amorf karena saat pendinginan susunan kristal molekul-molekulnya bisa tersusun lebih rapat dari susunan polimer amorf (M. Fahrurrozi.2003).

#### 4.2.5 Kekuatan Tarik

Kekuatan merupakan tegangan maksimum yang dibutuhkan untuk mematahkan polimer. Pada polimer terdapat kekuatan tarik, tekan, impak dan sebagainya, yang menyatakan kekuatan polimer pada jenis pembebanan tertentu. Modulus elastisitas menyatakan kekakuan suatu material yang merupakan perbandingan tegangan dengan regangan pada daerah elastis (Kantesh Balani.2015). Kedua sifat mekanik ini sangat penting dalam pemilihan polimer sebagai material sabot.

Pengujian tarik dilakukan sesuai dengan ASTM D 638 tipe I pada *blend* hasil *handtruder*. Pengujian ini bertujuan untuk

mengetahui pengaruh wt% PC terhadap kekuatan tarik dan modulus elastisitas dari *polypropylene/polycarbonate blend*. Gambar 4.9 menunjukkan nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas *blend*.



**Gambar 4.9** Pengaruh wt% Polikarbonat terhadap Kekuatan Tarik dan Modulus Elastisitas *Polypropylene/polycarbonate Blend*

Kekuatan tarik diperoleh dengan membagi beban tarik maksimum dengan luas permukaan, sedangkan modulus elastisitas diperoleh dari perhitungan berdasarkan persamaan 2.3. Pada Gambar 4.9 terlihat terjadi penurunan nilai kekuatan tarik *blend* dibandingkan PP murni, pada PP/PC10 turun menjadi 23,76 MPa. Setelah penambahan 10 wt% PC kekuatan tarik *blend* sedikit meningkat menjadi 24,74 MPa pada PP/PC20, dan 24,97 MPa pada PP/PC30, namun nilai kekuatan tarik *blend* tersebut masih dibawah PP murni dengan kekuatan tarik PP murni sebesar 31,58 MPa. Kekuatan tarik *polymer blend* ditentukan oleh morfologi dan sifat *interface*, sehingga *immiscible polymer blend* memiliki nilai kekuatan tarik yang rendah (Bin Chen.2003). Hal serupa juga

dijelaskan oleh Huang (2000), *interface* yang kurang baik pada PP/PC *blend* menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tarik pada PP/PC *blend*.

Seperti halnya kekuatan tarik, modulus elastisitas hasil pengujian menunjukkan penurunan pada penambahan 10 wt% PC, menjadi 0,87 GPa, kemudian menjadi 0.88 GPa pada PP/PC20 dan 0,88 GPa pada PP/PC30. Penurunan yang terjadi sesuai dengan hasil penelitian Laoutid(2013), yang menyatakan bahwa PP/PC *blend* menunjukkan penurunan nilai modulus pada pengujian tarik. Penambahan PC menyebabkan jumlah *interface* yang terlalu banyak dan melewati batas sehingga makin banyak *interface* yang dapat menginisiasi *void* serta patahan saat *polymer blend* dikenai gaya (Han E.H Meijer.2005).

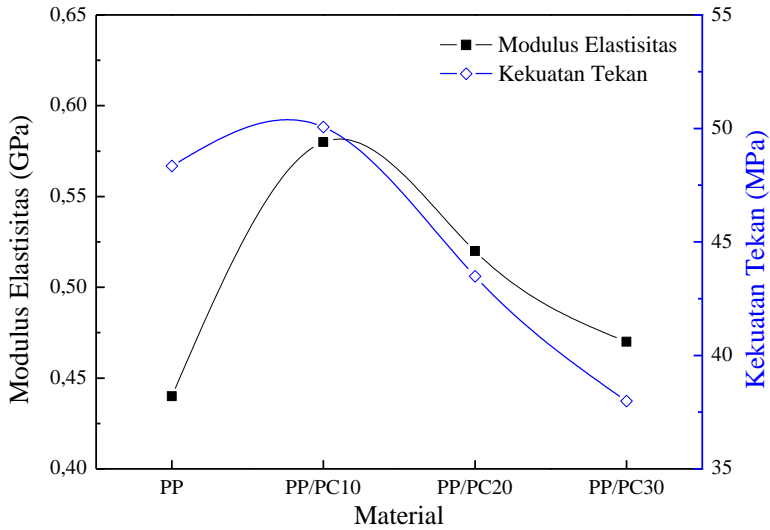
Berdasarkan standar kekuatan tarik serta modulus elastisitas material sabot pada Tabel 2.1, kekuatan material sabot harus dalam rentang 8,3 – 72,4 MPa, serta modulus elastisitas sebesar 0,17 – 4,10 GPa, semua spesimen hasil *handtruder* (PP murni dan *blend*) memiliki nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas dalam rentang tersebut, sehingga PP dan *blend* memenuhi standar material sabot.

#### 4.2.6 Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan menyatakan tegangan yang dibutuhkan untuk mematahkan polimer dalam pengujian tekan. Pengujian dilakukan sesuai dengan ASTM D 695 – 96, dengan tujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan tekan dan modulus elastisitas dari *polypropylene/polycarbonate blend* dengan berbagai wt% PC, pada *blend* hasil *compression molding*. Gambar 4.10 menunjukkan nilai kekuatan tekan dan modulus elastisitas *blend*.

Pada Gambar 4.10 terlihat bahwa penambahan PC meningkatkan nilai kekuatan tekan PP menjadi 50,06 MPa pada PP/PC10, kemudian nilai kekuatan tekan *blend* menurun menjadi 43,49 MPa pada PP/PC20 dan 37,98 MPa pada PP/PC30. Seperti pada kekuatan tekan penambahan PC pada PP meningkatkan nilai modulus elastisitas menjadi 0,58 GPa pada PP/PC10, kemudian

nilai modulus elastisitas *blend* menurun menjadi 0,52 GPa pada PP/PC20 dan 0,47 GPa pada PP/PC30.



**Gambar 4.10** Pengaruh wt% Polikarbonat terhadap Kekuatan Tekan dan Modulus Elastisitas *Polypropylene/polycarbonate Blend* Hasil *Compression Molding*

Penurunan sifat mekanik yang terjadi setelah penambahan 20 wt% polikarbonat merupakan akibat dari banyaknya *interface* yang tidak berinteraksi dengan baik, sehingga terdapat jarak diantara PP dan PC seperti pada Gambar 4.5. *Interface* tersebut dapat menginisiasi *void* serta patahan saat *polymer blend* dikenai gaya (Han E.H Meijer.2005). PP/PC10 memiliki jumlah *interface* masih sedikit sehingga tidak menurunkan sifat mekanik *blend* namun justru meningkatkannya, hal ini sesuai dengan penelitian J. Karger-Kocsis(1995) yang menyatakan bahwa penambahan sekitar 10% PC pada PP meningkatkan modulus elastisitas.

Nilai kekuatan tekan dan modulus elastisitas yang diperoleh dari pengujian dibandingkan dengan standar material sabot pada Tabel 2.1. Nilai kekuatan tekan pada standar material sabot sebesar 20 – 90 MPa, serta modulus elastisitas sebesar 0,17

– 4,10 GPa semua spesimen *blend* hasil *compression molding* memiliki nilai kekuatan tekan yang memenuhi standar tersebut. Begitu pula dengan modulus elastisitas semua spesimen memenuhi standar material sabot.

Dari beberapa pengujian dan analisa diatas, dapat ditarik kesimpulan awal bahwa wt% PC memberikan pengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik *polypropylene/polycarbonate blend* yang akan digunakan sebagai material sabot. Peningkatan wt% PC meningkatkan distribusi PC pada PP, serta menyebabkan perubahan bentuk pada PC yang terdispersi. Sifat fisik *blend* yakni densitas meningkat dengan peningkatan wt% PC, sebaliknya penyusutan *blend* hasil *handtruder* menurun. Dari pengujian tarik dan tekan diketahui bahwa sifat mekanik *blend* yang dihasilkan memenuhi standar material sabot pada Tabel 2.1.

### **4.3 Pengaruh Proses Pembuatan terhadap Sifat Fisik dan Mekanik *Polypropylene/polycarbonate Blend***

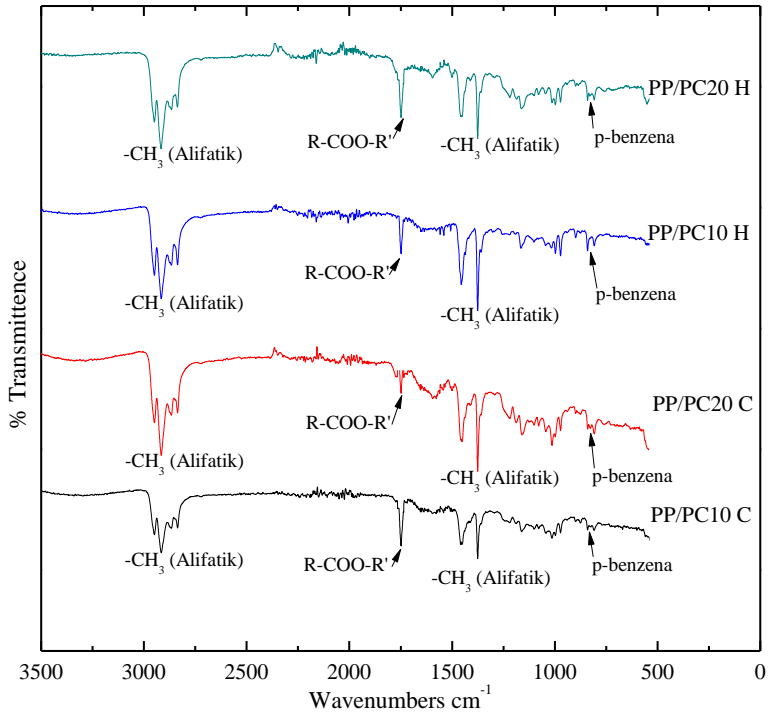
Pemilihan proses pembentukan yang tepat sangat berpengaruh terhadap kualitas material yang dihasilkan. Begitu pula karakteristik *polypropylene/polycarbonate blend* sangat dipengaruhi oleh parameter proses yang digunakan (L.A Dobrzanski.2008). Pada penelitian ini digunakan dua proses pembentukan yakni *handtruder* dan *compression molding*, untuk mendapatkan proses terbaik dalam pembuatan material sabot. *Blend* dengan 10 dan 20 wt% PC dianalisa melalui beberapa pengujian guna mengetahui pengaruh proses pembentukan terhadap sifat fisik dan mekanik *polypropylene/polycarbonate blend*. Komposisi 10 dan 20 wt% dipilih karena pada komposisi tersebut *blend* memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik berdasarkan analisa pada sub bab sebelumnya.

#### **4.3.1 *Fourier Transform Infrared (FTIR)***

Spesimen yang dihasilkan dari *handtruder* dan *compression molding* dikarakterisasi dengan FTIR guna menganalisa *blend* yang terbentuk. Polipropilen memiliki struktur



kimia seperti pada Gambar 2.16, memiliki rantai hidrokarbon alifatik dengan gugus metil sebagai cabangnya.



**Gambar 4.11** Perbandingan Grafik FTIR  
*Polypropylene/polycarbonate Blend Hasil Handtruder dan  
Compression Molding*

. Polikarbonat memiliki struktur yang cukup berbeda dengan polipropilen, pada Gambar 2.15 terlihat bahwa selain memiliki rantai alifatik, polikarbonat memiliki gugus ester dan cincin aromatik, serta metil sebagai cabangnya.

Pada Gambar 4.11 dapat terlihat bahwa *blend* hasil *compression molding* memiliki grafik yang hampir sama dengan *blend* hasil *handtruder*. FTIR *blend* terdapat puncak gugus hidrokarbon alifatik yang ditunjukkan oleh puncak pada 2885-

2865  $\text{cm}^{-1}$  dan 1465-1440  $\text{cm}^{-1}$ , serta gugus C-H yang ditunjukkan oleh puncak pada 900-670  $\text{cm}^{-1}$  yang mencirikan keberadaan polipropilen.

Puncak gugus alifatik ester jenuh pada 1750-1725  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya polikarbonat dalam spesimen. Keberadaan gugus aromatik ditunjukkan oleh puncak dengan tanda biru yakni *p*-benzene pada 680-860  $\text{cm}^{-1}$ , namun pada grafik puncak aromatik pada 1625-1590  $\text{cm}^{-1}$  terlalu kecil.

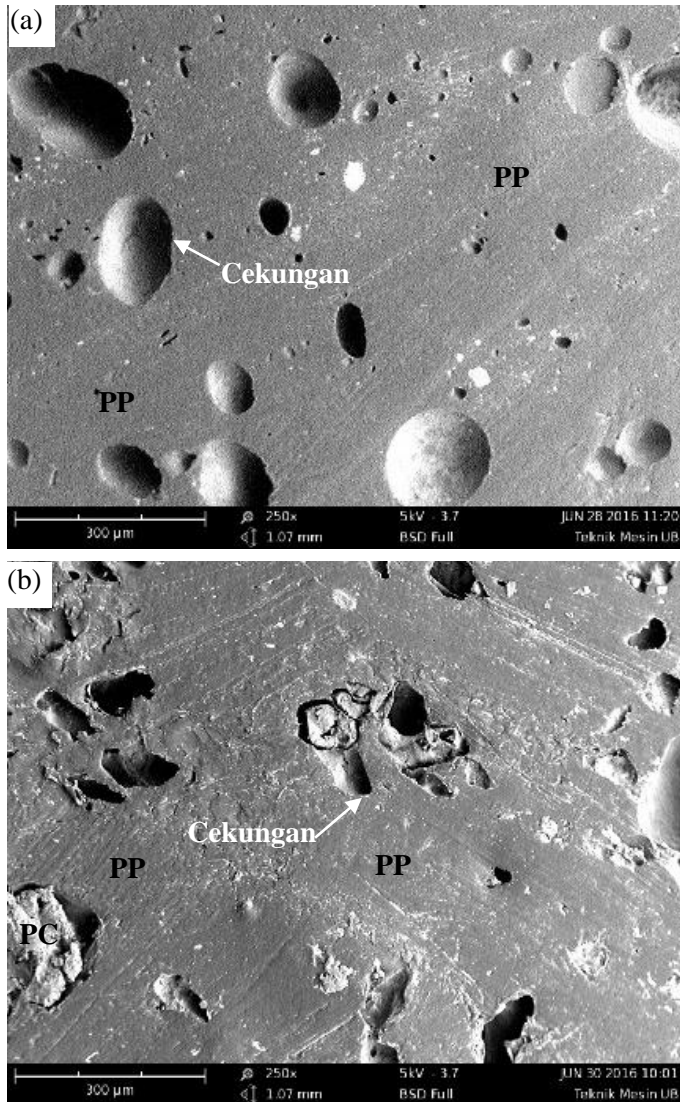
Keberadaan gugus-gugus tersebut membuktikan bahwa *blend* yang dihasilkan dari proses *handtruder* dan *compression molding* tersusun dari polipropilen dan polikarbonat hal ini sesuai dengan yang diungkapkan Socrates(2001). Kedua proses (*handtruder* dan *compression molding*) menghasilkan material yang sama dan tidak ada perbedaan struktur penyusun *blend*.

#### 4.3.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

Analisa SEM dilakukan untuk mengetahui perbedaan morfologi *blend* hasil *handtruder* dengan *blend* hasil *compression molding*. Analisa ini dilakukan pada *blend* hasil *compression molding* yang telah dietsa untuk mengetahui distribusi serta bentuk PC pada *blend*.

Gambar 4.12 menampilkan morfologi *blend* hasil *handtruder* dan *compression molding* setelah dietsa. Pada Gambar 4.12 (a) terlihat bahwa pada *blend* hasil *handtruder* terdapat cekungan-cekungan pada spesimen tersebar merata dan memiliki bentuk teratur. Hal ini menunjukkan bahwa PC terdistribusi dengan baik dan memiliki bentuk yang teratur yaitu bulat. Cekungan yang ada memiliki ukuran bervariasi dikarenakan bervariasinya ukuran serbuk PC yang digunakan.

Morfologi yang berbeda ditunjukkan oleh *blend* hasil *compression molding*. Pada Gambar 4.12 (b) terlihat bahwa cekungan-cekungan yang terbentuk tersebar pada spesimen dan memiliki bentuk yang tidak teratur. Perbedaan bentuk tersebut diakibatkan oleh perbedaan mekanisme selama proses pembuatan *blend*.



**Gambar 4.12** Morfologi PP/PC20 Hasil (a) *Handtruder*, dan (b) *Compression Molding*

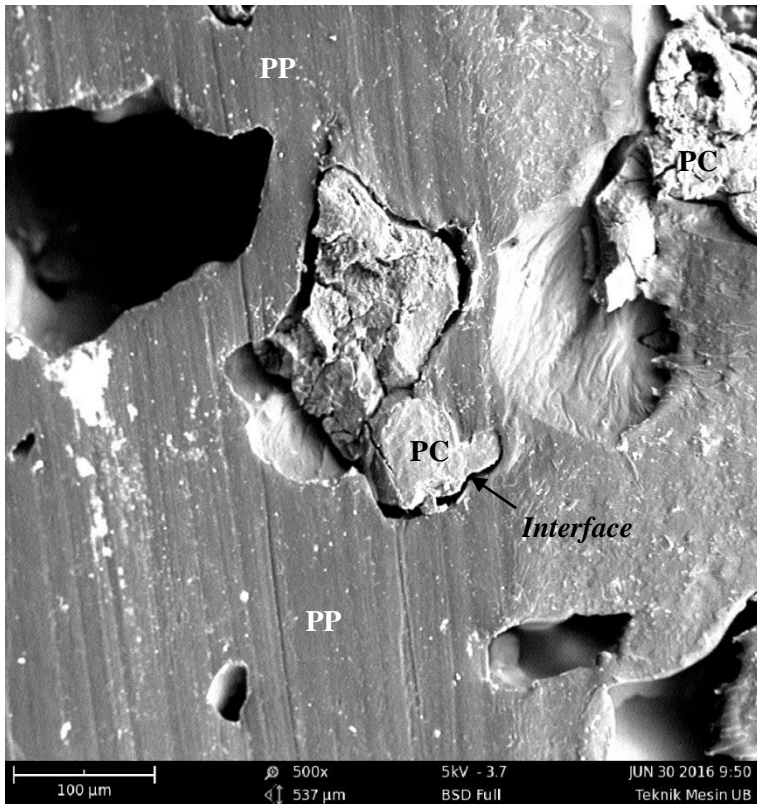
Pada *handtruder* campuran PC dan PP dialirkan dari silinder ke *mold*, selama dialirkan material mengalami gaya geser dan *elongational stress* selama proses tersebut sehingga PC terdeformasi membentuk bulatan-buatan dikarenakan adanya tegangan permukaan antara PC dengan PP (Elnaz Esmizadeh.2016). Sementara dalam *compression molding* material tidak dialirkan ke tempat lain, oleh karenanya tidak terdapat gaya-gaya tersebut sehingga bentuk PC tidak beraturan.

Pada Gambar 4.12 terlihat PC yang belum terlepas dari PP meskipun spesimen telah dietsa pada sikoheksanon selama 24 jam. Tidak terlepasnya PC ini dapat diakibatkan oleh bentuk PC yang tak beraturan sehingga terdapat bagian PC yang tertahan pada PP. Bentuk PC yang cenderung lonjong dan memiliki sudut tersebut diasumsikan dapat mempengaruhi sifat mekanik *blend* yang dihasilkan.

Disamping distribusi dan bentuk PC, interaksi PC dengan PP memegang peranan penting dalam rekayasa sifat fisik maupun mekanik *polypropylene/polycarbonate blend*. Secara lebih jelasnya interaksi tersebut terlihat pada Gambar 4.13.

Pada gambar tersebut PC tidak menempel secara sempurna dengan PP, terdapat jarak diantara keduanya. Jarak tersebut menunjukkan bahwa PP dan PC merupakan *immiscible polymer blend*, yakni *polymer blend* yang tidak mampu saling melarutkan satu sama lain sehingga daya tarik atau lekat antara PP dan PC cukup lemah. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh M.S Mat Shayuti(2011). Lloyd (2014) menambahkan apabila jarak tersebut terlalu besar akan menjadi pemicu *void* pada *blend*.

Polikarbonat merupakan salah satu polimer polar, sedangkan polipropilen ada polimer nonpolar (F. Laoutid.2013), hal ini juga dapat dilihat dari struktur *repeating unit*nya. Polipropilen juga termasuk ke dalam polimer kristalin sedangkan polikarbonat merupakan polimer amorf. Perbedaan polaritas dan kristalinitas PP dan PC inilah yang membuat kedua polimer ini tidak dapat saling melarutkan satu sama lain (Utracki.2002).



**Gambar 4.13** Morfologi PP/PC10 Hasil *Compression Molding*

Daya tarik atau daya lekat *polymer blend* dipengaruhi pula oleh temperatur proses yang digunakan. Dibandingkan dengan *interface blend* hasil *handtruder* pada Gambar 4.5, *interface blend* hasil *compression molding* pada Gambar 4.13 memiliki jarak yang lebih besar. Semakin besarnya jarak tersebut dikarenakan pada proses *compression molding* digunakan temperatur 200 °C, sehingga PP sudah meleleh namun PC masih melunak, perbedaan kondisi ini diasumsikan dapat menyebabkan gaya tarik menarik lebih rendah, serta keduanya tidak mampu saling berikatan dengan baik.

### 4.3.3 Densitas

Pengukuran densitas dilakukan pada spesimen *blend* hasil *handtruder* serta *compression molding*, sesuai dengan persamaan 3.1, yakni dengan membagi massa dengan volume spesimen. Tabel 4.4 menunjukkan perbandingan nilai densitas dari pengujian densitas *blend* hasil *handtruder* dan *compression molding* pada komposisi 10 dan 20 wt% PC.

**Tabel 4.4** Densitas *Polypropylene/polycarbonate Blend* Hasil *Handtruder* dan *Compression Molding*

Material	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )	
	<i>Handtruder</i>	<i>Compression molding</i>
PP/PC10	0,911	0,912
PP/PC20	0,935	0,905

Sama halnya dengan densitas pada paduan ataupun komposit, densitas meningkat dengan bertambahnya komposisi penguat. Pada Tabel 4.4 diketahui bahwa densitas *blend* hasil *handtruder* meningkat dengan penambahan wt% PC. Hal yang berbeda ditunjukkan oleh densitas *blend* hasil *compression molding*, dengan penambahan wt% PC densitas *blend* justru menurun. Penurunan tersebut disebabkan oleh semakin banyaknya *interface* antar PC dan PP seperti pada Gambar 4.13, yang menyebabkan *void* atau rongga yang terbentuk pada *blend*. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Elnaz (2016) bahwa ukuran rongga meningkat dengan meningkatnya konsentrasi PC, dikarenakan oleh tingginya *interfacial tension* serta lemahnya adhesi antar polimer. Disamping itu, diakibatkan juga oleh jarak atau rongga *interface blend* hasil *compression molding* pada Gambar 4.13 yang lebih besar dari *interface blend* hasil *handtruder* pada Gambar 4.5.

Berdasarkan standar material sabot pada Tabel 2.1 densitas material sabot harus dalam rentang 0,90 – 1,58 g/cm<sup>3</sup>. Densitas PP/PC10 dan PP/PC20 hasil *handtruder* serta *compression molding* berada dalam rentang tersebut.

#### 4.3.4 Penyusutan

*Blend* hasil *handtruder* dan *compression molding* menunjukkan perbedaan dimensi hasil pembentukan dengan *mold* yang digunakan, ketidaksesuaian dimensi ini merupakan akibat dari penyusutan material. Nilai penyusutan yang terjadi pada *blend* tersebut dihitung sesuai dengan persamaan 3.2 yang berdasarkan pada ASTM D 955. Tabel 4.5 menunjukkan nilai penyusutan yang terjadi pada *blend* hasil kedua proses pembentukan tersebut pada PP/PC10 dan PP/PC20.

**Tabel 4.5** Penyusutan *Polypropylene/polycarbonate Blend* Hasil *Handtruder* dan *Compression Molding*

Material	Penyusutan (%)	
	<i>Handtruder</i>	<i>Compression molding</i>
PP/PC10	0,57	2,21
PP/PC20	0,19	1,56

Pada Tabel 4.5 diketahui bahwa secara umum penyusutan yang terjadi pada *blend* hasil proses pembentukan tersebut menurun dengan peningkatan wt% PC. Penurunan nilai penyusutan ini dikarenakan semakin bertambahnya polimer amorf pada *blend*. PC merupakan polimer amorf sedangkan PP adalah polimer kristalin. Polimer kristalin akan mengalami penyusutan lebih besar dari polimer amorf karena susunan kristal molekul-molekulnya bisa tersusun lebih rapat dari susunan polimer amorf (M. Fahrurrozi.2003). Hal tersebut juga sesuai dengan pernyataan Coller (1996), bahwa penyusutan yang terjadi pada polimer dapat dimininalkan dengan penambahan material lain sebagai pengisi.

Penyusutan yang terjadi pada *blend* hasil *handtruder* lebih rendah dibanding *blend* hasil *compression molding*. Hal ini disebabkan pendinginan pada proses *handtruder* yang lebih cepat dibanding *compression molding*, pada *hantruder* pendinginan berlangsung selama 10-15 menit, sementara pada *compression molding* selama 30-40 menit. Perbedaan inilah yang menyebabkan *blend* hasil *handtruder* menunjukkan nilai penyusutan lebih rendah dibanding *blend* hasil *compression molding*. Laju pendinginan saat

*molding* mempengaruhi derajat kristalinitas polimer. Secara teori polimer yang dapat membentuk padatan kristal, belum tentu membentuk padatan kristal bila proses pendinginannya berlangsung sangat cepat sehingga tidak tersedia waktu yang cukup bagi molekul polimer menyusun dirinya membentuk kristal, sehingga struktur amorf lah yang akan terbentuk (M. Fahrurrozi.2003).

#### 4.3.5 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas menyatakan kekakuan suatu material, yang merupakan perbandingan tegangan dengan regangan pada daerah elastis (Kantesh Balani.2015). Nilai modulus elastisitas *blend* yang dihasilkan dari dua proses pembentukan yang berbeda dianalisa guna mengetahui pengaruh proses pembentukan *polymer blend* terhadap sifat mekaniknya. Nilai modulus tersebut diperoleh dari dua pengujian berbeda yakni pengujian tarik dan tekan. Tabel 4.6 menunjukkan perbandingan modulus elastisitas *blend* hasil *handtruder* dan *compression molding* pada PP/PC10 dan PP/PC20.

**Tabel 4.6** Modulus Elastisitas *Blend* Hasil *Handtruder* dan *Compression Molding*

Material	Modulus Elastisitas (GPa)	
	<i>Handtruder</i>	<i>Compression molding</i>
PP/PC10	0,87	0,58
PP/PC20	0,88	0,52

Dari perhitungan nilai modulus elastisitas *blend* hasil *handtruder* dan *compression molding*, terjadi penurunan nilai modulus elastisitas pada PP/PC10 hasil *handtruder* dibandingkan dengan PP murni. Sementara terjadi kenaikan nilai modulus elastisitas pada PP/PC10 hasil *compression molding* dibandingkan dengan PP murni. Kenaikan nilai tersebut sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa penambahan sekitar 10% PC pada PP meningkatkan modulus elastisitas (J. Karger-Kocsis.1995).

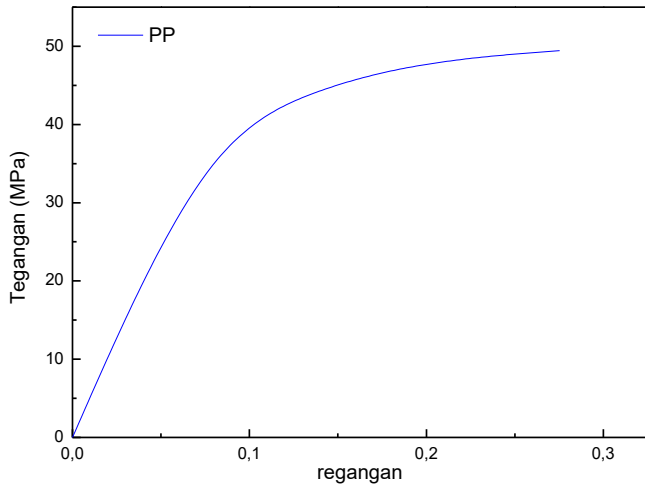
Modulus elastisitas *blend* hasil *handtruder* lebih tinggi dibanding hasil *compression molding* hal ini dikarenakan perbedaan bentuk PC serta *interface* pada kedua *blend*. Pada hasil



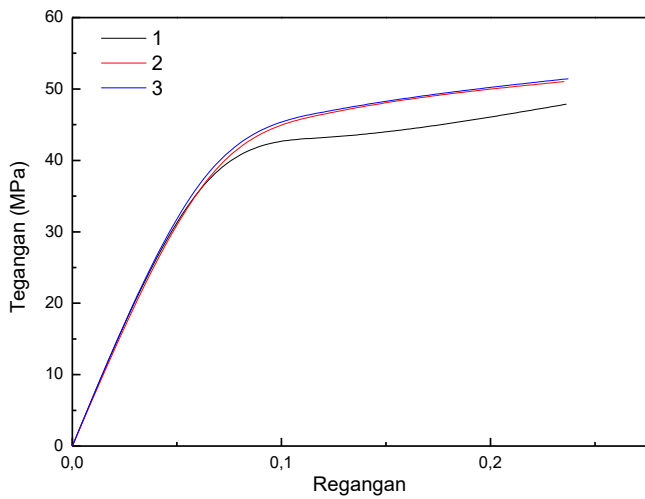
*handtruder* PC memiliki bentuk teratur yaitu bulat, sedangkan pada hasil *compression molding* PC memiliki bentuk tidak teratur serta rongga *interface* yang lebih besar dari *interface* hasil *handtruder*. Dengan makin besar *interface* yang terdapat pada *blend*, makin besar pula inisiasi *void* serta patahan saat *polymer blend* dikenai gaya (Han E.H Meijer.2005). Berdasarkan standar material sabot pada Tabel 2.1 nilai modulus elastisitas *blend* hasil *hantruder* dan *compression molding* memenuhi standar, dengan modulus elastisitas *blend* hasil *handtruder* lebih tinggi dibanding hasil *compression molding*.

Berdasarkan karakterisasi yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan awal bahwa proses pembuatan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik *polypropylene/polycarbonate blend* yang akan digunakan sebagai material sabot. Proses pembuatan mempengaruhi bentuk dan *interface* PC yang tersebar dalam PP namun tidak berpengaruh pada distribusi PC. Sifat fisik *blend* yakni densitas dan penyusutan *blend* hasil *handtruder* lebih baik dibanding *blend* hasil *compression molding*. Sementara sifat mekanik *blend*, yaitu modulus elastisitas menunjukkan kecenderungan yang tidak jauh berbeda, dengan nilai modulus elastisitas pada *blend* hasil *handtruder* lebih tinggi dibanding hasil *compression molding*.

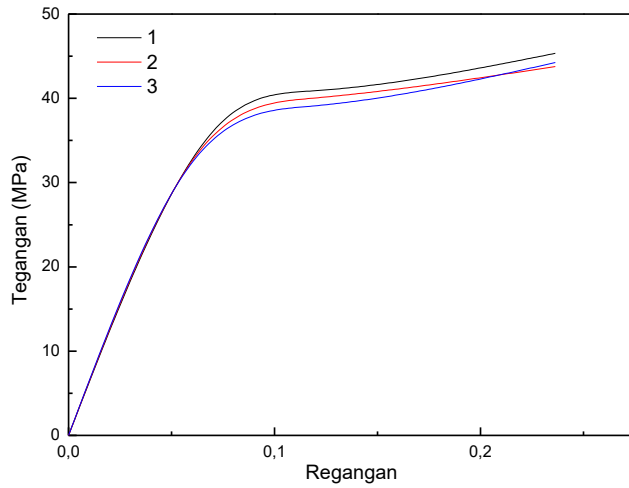
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



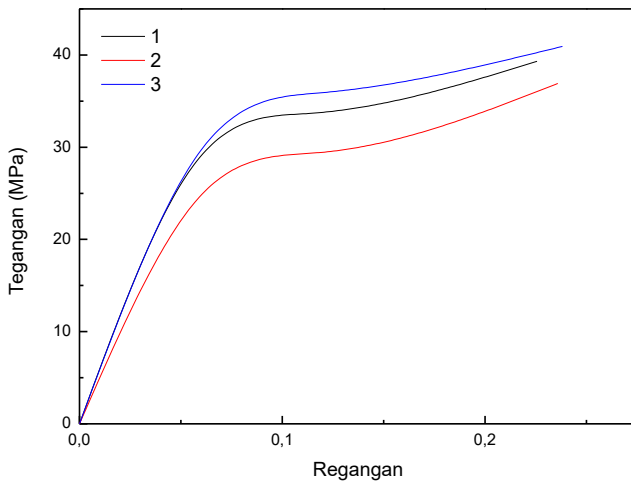
Kurva tegangan-regangan hasil pengujian tekan PP Murni



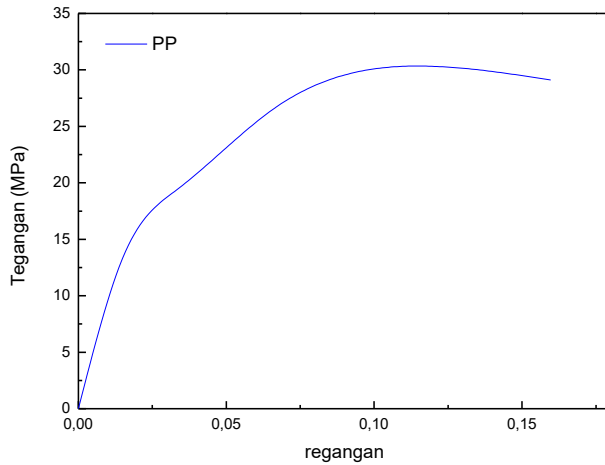
Kurva tegangan-regangan hasil pengujian tekan PP/PC10



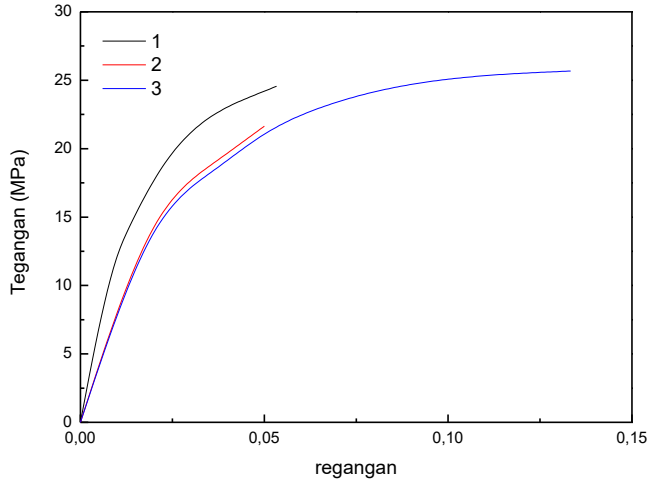
Kurva tegangan-regangan hasil pengujian tekan PP/PC20



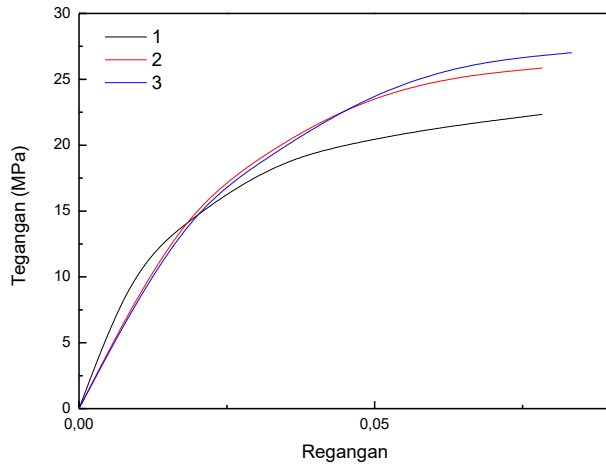
Kurva tegangan-regangan hasil pengujian tekan PP/PC30



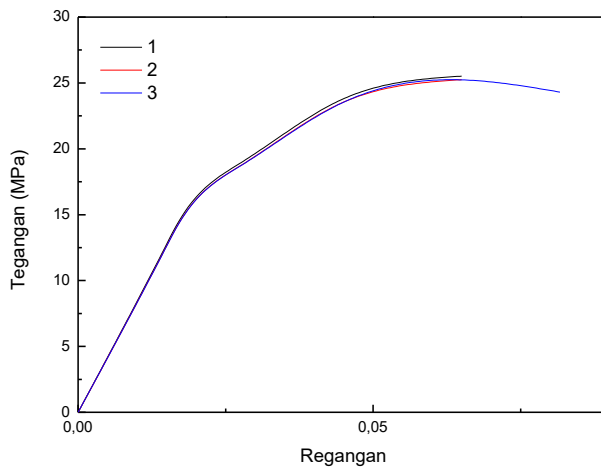
Kurva tegangan-regangan hasil pengujian tarik PP murni



Kurva tegangan-regangan hasil pengujian tarik PP/PC10



Kurva tegangan-regangan hasil pengujian tarik PP/PC20



Kurva tegangan-regangan hasil pengujian tarik PP/PC30



**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI  
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA  
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI  
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA**

Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, Fax. (031) 8410480  
<http://baristandsurabaya.kemenperin.go.id/>

Nomor Analisa : P 2169-P 2172  
Jenis Sampel : Polimer  
Kode Sampel : PP6,PP/PC10,PP/PC 20, -

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji			
		P 2169 (PP6)	P 2170 (PP/PC 10)		
		1	1	2	3
Uji Tarik :					
Tebal	mm	3,16	3,15	3,15	3,20
Lebar	mm	13,07	13,06	13,09	13,25
Luas penampang	mm <sup>2</sup>	41,30	41,14	41,23	42,40
Panjang ukur awal	mm	60,00	60,00	60,00	60,00
Beban maksimum	Kgf	128,83	100,60	90,52	110,97
Kuat tarik	Kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	3,12 (30,6)	2,45 (24,03)	2,20 (21,67)	2,62 (25,69)
Panjang ukur setelah putus	mm	66,20	64,3	64,5	79,8
Regang	%	10,33	7,17	7,60	33,00

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji					
		P 2171 (PP/PC 20)			P 2172		
		1	2	3	1	2	3
Uji Tarik :							
Tebal	mm	3,17	3,17	3,17	3,16	3,18	3,19
Lebar	mm	13,16	13,16	13,05	13,13	13,19	13,15
Luas penampang	mm <sup>2</sup>	41,72	41,72	41,37	41,49	41,94	41,96
Panjang ukur awal	mm	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Beban maksimum	Kgf	93,02	109,58	112,17	104,99	106,68	107,98
Kuat tarik	Kgf/mm <sup>2</sup> (Mpa)	2,23 (21,87)	2,63 (26,79)	2,71 (26,57)	2,53 (24,81)	2,54 (24,91)	2,57 (25,2)
Panjang ukur setelah putus	mm	63,20	63,50	63,80	63,10	63,80	63,30
Regang	%	5,33	5,83	6,33	5,17	6,33	5,50

Catatan : - Sampel diuji sesuai permintaan  
- Sampel diuji menggunakan mesin dengan skala beban 0,5 Ton

Surabaya, 18 Mei 2016  
Laboratorium Fisika  
  
Diumhanto  
NIP.195808101981031005

Tabel Perhitungan Penyusutan pada *Blend* Hasil *Compression Molding* berdasarkan ASTM D 955

spesimen	diameter	dies	delta	Susut	rata-rata
	d	D	D-d	%	
PP	12,4	12,8	0,4	3,125	3,13
PP/PC10	12,6	12,8	0,2	1,5625	2,21
	12,5	12,8	0,3	2,34375	
	12,45	12,8	0,35	2,734375	
PP/PC20	12,6	12,8	0,2	1,5625	1,56
	12,6	12,8	0,2	1,5625	
	12,6	12,8	0,2	1,5625	
PP/PC30	12,7	12,8	0,1	0,78125	0,78
	12,7	12,8	0,1	0,78125	
	12,7	12,8	0,1	0,78125	

Tabel Perhitungan Penyusutan pada *Blend* Hasil *Hantruder* berdasarkan ASTM D 955

spesimen	lebar	lebar mold	selisih	susut l	rata-rata
	l	Lm	lm-ls	%	
PP	12,9	13,15	0,25	1,901141	1,901141
PP/PC10	13,1	13,15	0,05	0,380228	0,570342
	13,05	13,15	0,1	0,760456	
	13,1	13,15	0,05	0,380228	
PP/PC20	13,15	13,15	0,0	0	0,190114
	13,1	13,15	0,05	0,380228	
	13,15	13,15	0	0	
PP/PC30	13,15	13,15	0	0	0
	13,15	13,15	0	0	
	13,15	13,15	0	0	



Tabel Perhitungan Densitas pada *Blend Hasil Compression Molding*

spesimen	diameter	radius	tinggi	massa	volume	Densitas	rata- rata
	d	r	t	m	v	rho	
PP	12,4	6,2	21,8	2,3853	2631,29488	0,000906512	0,90651185
PP/PC10	12,6	6,3	25,4	2,8885	3165,51564	0,00091249	0,91184922
	12,5	6,25	25,5	2,8449	3127,734375	0,000909572	
	12,45	6,225	25,3	2,8121	3078,427151	0,000913486	
PP/PC20	12,6	6,3	25,4	2,876	3165,51564	0,000908541	0,90527642
	12,6	6,3	25,4	2,8673	3165,51564	0,000905792	
	12,6	6,3	25,4	2,8537	3165,51564	0,000901496	
PP/PC30	12,7	6,35	26,6	3,0232	3367,89649	0,000897652	0,8879583
	12,7	6,35	25,45	2,8017	3222,291943	0,000869474	
	12,7	6,35	25,2	2,8612	3190,63878	0,000896748	

Tabel Perhitungan Densitas pada *Blend* Hasil *Handtruder*

spesimen	panjang	lebar	tinggi	massa	volume	Densitas	rata- rata
	p	l	t	m	v		
PP	47,8	12,9	3,1	1,7355	1911,522	0,907915	0,895152
	32,75	18,8	3,15	1,7175	1939,455	0,885558	
	32,95	18,8	3,1	1,7129	1920,326	0,891984	
PP/PC10	41,8	13,05	3,05	2,1064	1672,092	0,91186	0,911366
	43,25	13,05	2,95	1,5313	1665,017	0,91969	
	39,5	13,1	3,05	1,4252	1578,223	0,903041	
PP/PC20	32,4	13,1	3,1	2,2025	1319,898	0,932786	0,93506
	33,6	13,1	3,1	1,2764	1364,496	0,935437	
	29,3	13,15	3,1	1,1164	1194,415	0,934684	
PP/PC30	36,6	13,15	3,1	1,4501	1491,999	0,971918	0,955322
	33,05	13,15	3,15	1,3133	1369,014	0,959304	
	32,8	13,15	3,15	1,27	1358,658	0,934746	

Tabel Perhitungan Kekuatan Tekan dan Modulus Elastisitas pada *Blend Hasil Compression Molding*

spesimen	radius	tinggi	batas	gaya	luas	Stress	Kuat Tekan	rata-rata	modulus elastisitas	Rata-rata
	r	t	l	kgf	a	kgf/cm2	MPa	MPa	E	MPa
PP	6,2	21,8	4,36	595	1,21	492,95	48,34	48,34	3,732	3,732
PP/PC10	6,3	25,4	5,08	625	1,25	501,50	49,18	50,06	5,671	3,948667
	6,25	25,5	5,1	622	1,23	507,11	49,73		2,904	
	6,225	25,3	5,06	636	1,22	522,70	51,26		3,271	
PP/PC20	6,3	25,4	5,08	559	1,25	448,54	43,99	43,49	3,721	3,124
	6,3	25,4	5,08	561	1,25	450,14	44,14		2,747	
	6,3	25,4	5,08	538	1,25	431,69	42,33		2,904	
PP/PC30	6,35	26,6	5,32	492	1,27	388,59	38,11	37,98	2,747	2,752
	6,35	25,45	5,09	463	1,27	365,68	35,86		2,605	
	6,35	25,2	5,04	516	1,27	407,54	39,97		2,904	

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan analisa data dan pembahasan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Prosentase berat polikarbonat mempengaruhi :
  - Distribusi polikarbonat dalam polipropilen, yaitu semakin merata dengan peningkatan wt% polikarbonat
  - Densitas *polypropylene/polycarbonate blend*, dengan densitas tertinggi pada PP/PC30 sebesar 0,96 g/cm<sup>3</sup>
  - Penyusutan *polypropylene/polycarbonate blend*, dengan penyusutan terendah pada PP/PC30 sebesar 0%
  - Nilai kekuatan tekan dan modulus elastisitas *polypropylene/polycarbonate blend*, pada PP/PC10 menjadi 50,06 MPa dan 0,58 GPa
  - Nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas *polypropylene/polycarbonate blend*, pada PP/PC10 menjadi 23,76 MPa dan 0,87 GPa
2. Proses pembentukan tidak memberikan pengaruh signifikan pada karakteristik *polypropylene/polycarbonate blend* yang dihasilkan.

*Polypropylene/polycarbonate blend* yang dihasilkan memenuhi standar sabot sehingga dapat digunakan sebagai kandidat material sabot.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil yang didapatkan, berikut beberapa saran yang diharapkan mampu membuat penelitian serupa lebih baik kedepannya :

1. Menggunakan *mold* dengan bahan yang memiliki permukaan halus, tidak mudah tergores serta memiliki daya hantar panas yang baik
2. Menggunakan proses pembentukan yang parameter prosesnya dapat dikendalikan dengan mudah

3. Adanya studi lebih lanjut mengenai pengendalian *interface* polikarbonat dan polipropilen.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_.1996. ASTM D 695 – 96 : Standard Test for Compressive Properties of Rigid Plastics. ASTM International
- \_\_\_\_\_.2001.ASTM D 638 : *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic*. ASTM International
- \_\_\_\_\_.2001.ASTM D 955 : *Standard Test of Measuring Shrinkage from Mold Dimentions of Thermoplastics*. ASTM International
- Balani, Kantesh.2015.*Biosurfaces : A Materials Science and Engineering Persperctive*. America : John Wiley & Sons, Inc.
- Bilewicz, M.2008. *Polymer Composite Strengthening by Developed Injection Moulding Technique*. AMSE.
- Bilewicz, M. 2007. *Self Reinforced Polymer-polymer Composites*. Portugal : JAMME.
- Billmayer, F. W. 1971. *Textbook of Polymer Science*. New York : John Wiley and Sons, Inc.
- Buthainah, A. 2014. *Gasoline Diffusivity of Polypropylene-Polycarbonate Composites*. IJITEE.
- Callister D, William. 2010. *Materials Science and Engineering an Introduction*.USA : John Wiley and Sons, inc.
- Chen, Bin dkk.2003. *Morphology, Tensile Srength and Thermal Behavior of Isotactic Polypropylene/syndiotactic Polystyrene Compatibilized by SEBS Copolymer*. Polymer Journal, Vol 36
- Coller, J. R, B.J Coller.1996.*Cellulosic Reinforcement in Reactive System*. Journal Applied Polymer Science
- Dobrzanski, L. A. 2008. *Microstructure and Mechanical Properties of polypropylene/polycarbonate blends*. JAMME.
- Esmizadeh, Elnaz dkk.2016.*Fabrication and Characterization Properties of Polypropylene/polycarbonate/clay*

- nanocomposites prepared with twin-screw extruder*. Sci Eng Compos Mater.
- Fahrurrozi, R Mohammad. 2003. *Pengaruh Kecepatan Pendinginan Terhadap Perubahan Volume Lelehan Polymer Crystalline dan No-Crystalline*. Forum Teknik Vol 27
- Favis, B.D dan J. P. Chalifoux. 1988. *Influence of composition on the morphology of polypropylene/polycarbonate blends\**. Los Angeles : SPE 45th Annual Technical Conference.
- Febriyanto, Henry. 2013. *Pengaruh Variasi Temperatur dan Paduan Polypropylene dengan Serbuk Arang Kayu Terhadap Kekutan Impak pada Proses Injection Moulding*. Universitas Jember
- Huang, Jan-Chan, dkk. 2000. *Effect of Carbon Black on Mechanical Properties of Polycarbonate/Polypropylene Blends*. Journal of Polymer Engineering Vol 20
- Ibrahim, A Buthaina, Karrer M. Kadum. 2010. *Influence of Polymer Blending on Mechanical and Thermal Properties*. Modern Applied Science.
- Jazani, O. Moini. Dkk. 2010. *Evaluation of Mechanical Properties of Polypropylene/Polycarbonate/SEBS Ternary Polymer Blends Using Taguchi Experimental Analysis*. Iran : Wiley InterScience
- Klein, Rolf. 2011. *Laser Welding of Plastics*. Wiley-VCH GmbH & Co. KGaA.
- Kocsis, J Kager. 1995. *PolyPropylene Structure, Blends, and Composites*. Britania Raya : Chapman & Hall.
- Laoutid, F dkk. 2013. *The Influence of Nanosilica on the Nucleation, Crystallization and tensile properties of PP-PC and PP-PA Blends*. Polymer 54 (20130)
- Mat Shayuti, Muhammad S, dkk. 2011. *Compressive Properties and Morphology of Polypropylene/Polycarbonate Blends*. Singapore : IACSIT Press

- Meijer, Han E.H, Leon E. Govaert. 2005. *Mechanical Performance of Polymer Systems : The Relation Between Structure and Properties*. Elsevier : *Progress in Polymer Science*.
- Michler, H Goerg, Hans-Hening. 2013. *The physics and micro-mechanics of nano-voids and nano-particles in polymer combinations*. Polymer : Elsevier Ltd
- Mujiarto, Imam. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*. Semarang : Traksi. Vol 3 No 2
- Rahman, Zulfikar. 2008. *Studi Pengaruh Kondisi Pengujian Tarik pada Film Plastik BOPP*. Depok : FTUI
- Robeson, Lloyd. 2014. *Historical Perspective of Advances in the Science and Technology of Polymer Blends*. Mdpi Polymer Journal
- Socrates, George. 2001. *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies*. England : John Wiley & Sons Ltd.
- Sumaryono. 2012. *Perilaku Pengujian Tarik pada Polimer Polistirena dan Polipropilena*. Semarang : Gardan Vol., 1 No. 1
- USAMC.1972. *Engineering Design Handbook Sabot*. Washington: US Army Material Command
- Utracki, L.A.2002. *Polymer Blend Handbook Vol 1*.Dordrecht, Netherland: Kluwer Academy Publisher.
- Wahyu S, Murni dkk. 2010. *Polimerisasi Propilena Menggunakan Katalisator  $TiCl_4$  dan Katalis Tri Etil Aluminium*. Yogyakarta : Prosiding Seminar Kejuangan.



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



Nur Hasanah, lahir di kabupaten Lumajang pada tanggal 13 April 1994. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Miskan dan Marsuwani. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Tunas Rimba II, SD Negeri Penanggal 3, SMP Negeri 1 Candipuro, dan SMA Negeri 2 Lumajang. Setelah lulus SMA pada tahun 2012, penulis melanjutkan studinya di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Semasa

kuliah, penulis aktif mengikuti organisasi di Departemen Keilmiahan Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (HMMT FTI-ITS) 2013/2014, di Klub Keilmiahan ITS 2013/2014, di Lembaga Dakwah Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Ash-Haabul Kahfi 2013 s/d 2015, serta di Departemen Keilmuan JMMI ITS 2014/2015. Dalam bidang akademik penulis menjadi asisten dosen kimia dasar, serta asisten laboratorium kimia analitik. Penulis juga aktif di beberapa kompetisi diantaranya sebagai peraih medali perak poster Program Kreativitas Mahasiswa Gagasan Tertulis (PKM-GT) di PIMNAS 26 Mataram, serta menjadi semifinalis *Go Green in the City Schneider Electric* di regional Indonesia pada tahun 2014. Penulis memiliki pengalaman kerja praktik di divisi *Quality Control* (QC) PT Industri Kereta Api (INKA) Madiun, pada bulan Agustus 2015. Selama kerja praktik penulis menangani *Quality Control* (QC) hasil *spot welding* pada gerbong kereta api yang diproduksi PT. INKA.

Tugas akhir yang diambil penulis dalam topik material inovatif dengan judul “Pengaruh wt% Polikarbonat dan Proses Pembuatan terhadap Sifat Fisik dan Mekanik *Polypropylene/Polycarbonate Blend* sebagai material sabot”.